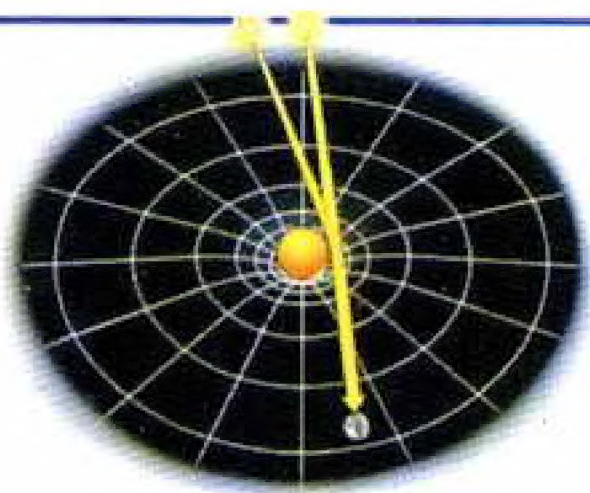
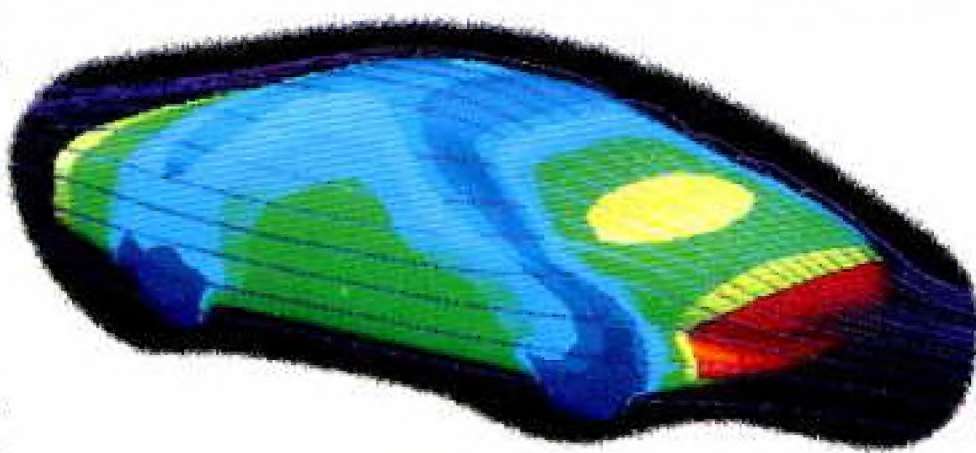
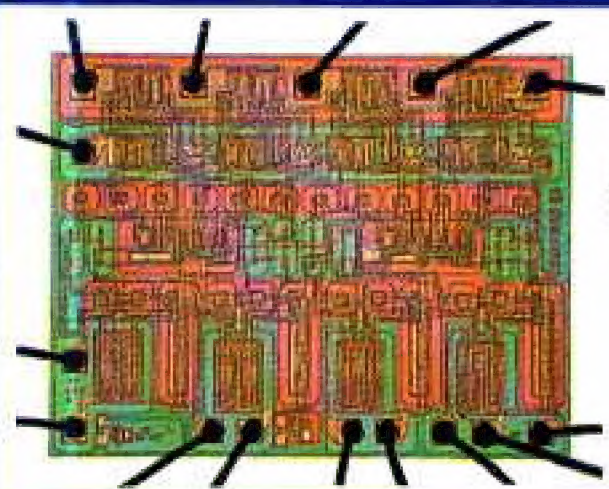


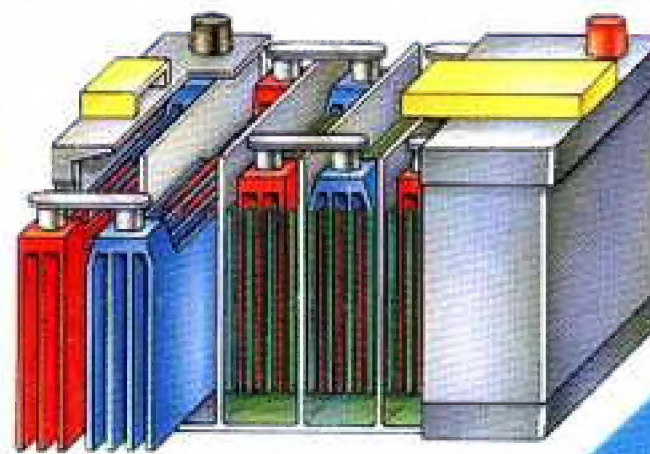
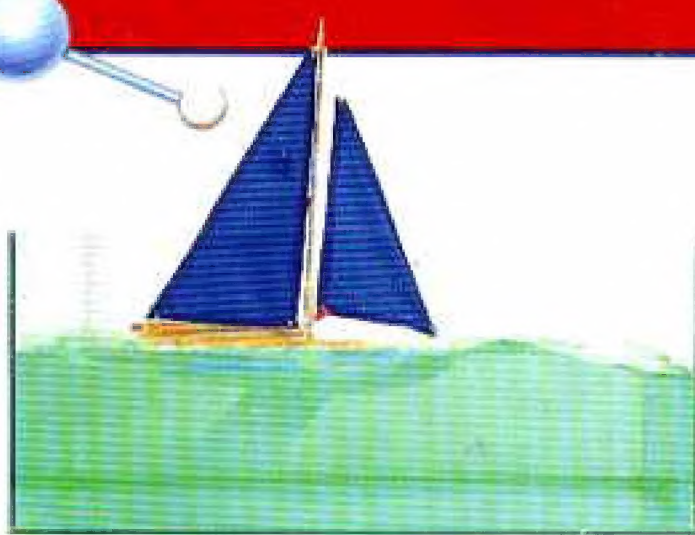
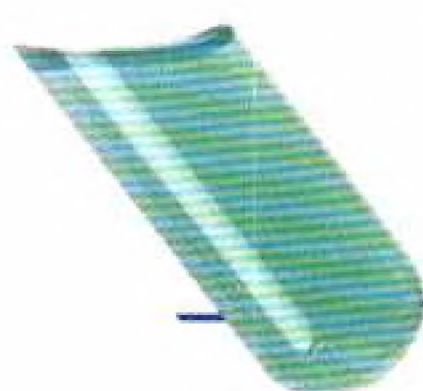
مَكْتَبَةُ لِبْنَاتٍ نَاشِرُونَ



# الموسوعة

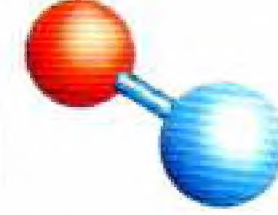


# العلمية الشاملة



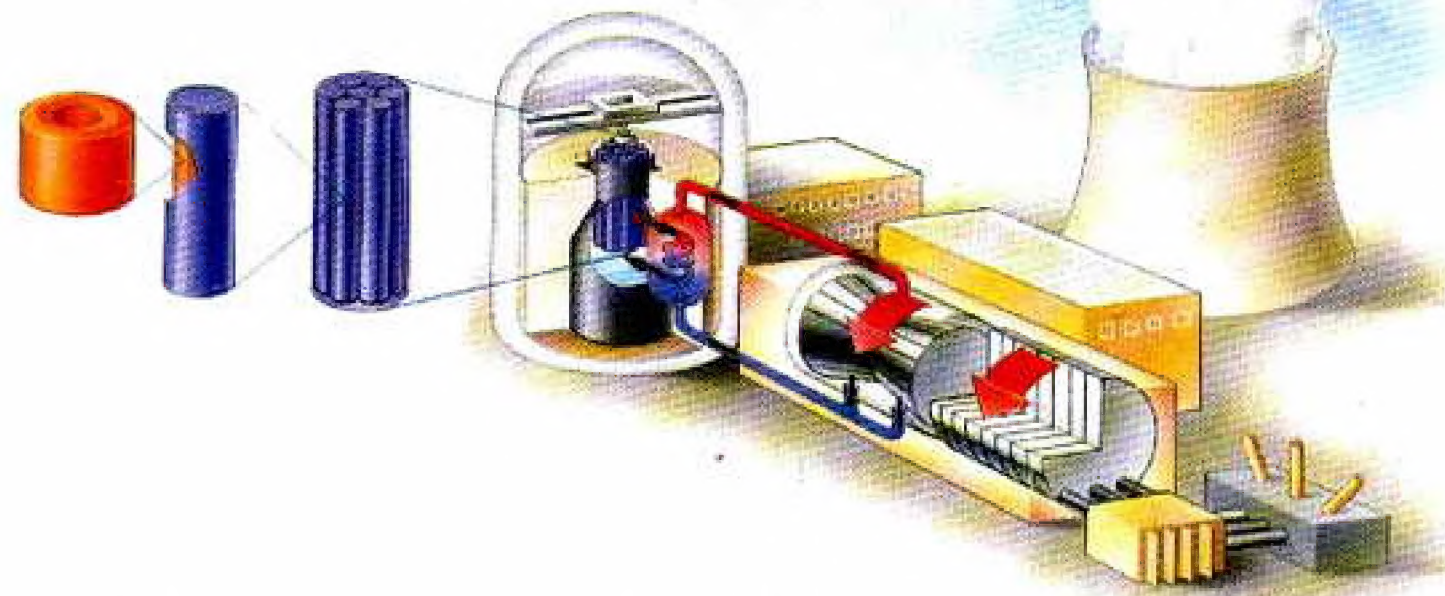


# الموسوعة العلمية الشاملة



## المرجع العلمي الأساسي للعلماء الشباب

- أكثر من ألفي مدخل تُعالج قرابة ٢٥٠ موضوعاً رئيسياً في مختلف مجالات العلم الحديثة مرتبة موضوعياً لتيسر لك تناول المفاهيم والمسائل العلمية وعلاقاتها والقوانين التي تحكمها.
- أكثر من ٢٥٠٠ صورة وخريطة ومخطط بياني ملونة تُضفي على المادة العلمية وضوحاً وحيوية.
- قسم خاص بالحقائق والمعلومات والجداول الزمنية للمراجعة المستعجلة، مع مسرد يُعرف مئات المصطلحات العلمية الواردة في النصوص.
- فهرسٌ عامٌ شامل بـ١٠٠٠٠ مادة الموسوعة، ألفبائي الترتيب، يُمكنك من التوصل إلى مطلبك بسهولة وسُرعة.
- مرجعٌ مُكَمَّلٌ لبرامج العلوم الحديثة في المناهج المدرسية حتى المرحلة الجامعية - هو في الواقع مكتبة علمية في مجلدٍ يضع العلم الحديث في متناول كل بيت.



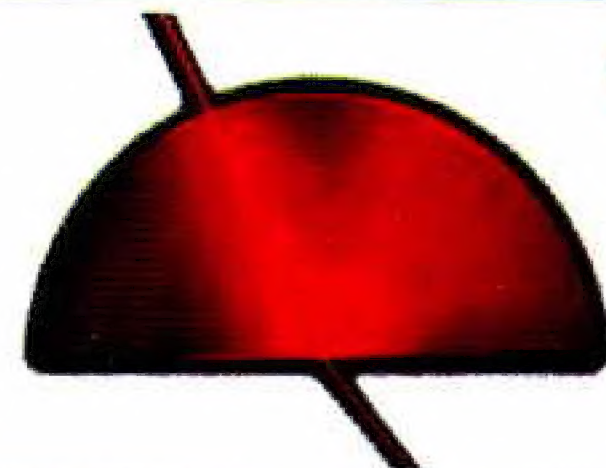
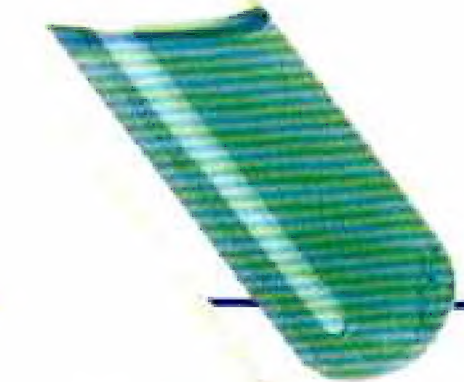
مكتبة لبنان ناشرون

ISBN 9953-33-776-4



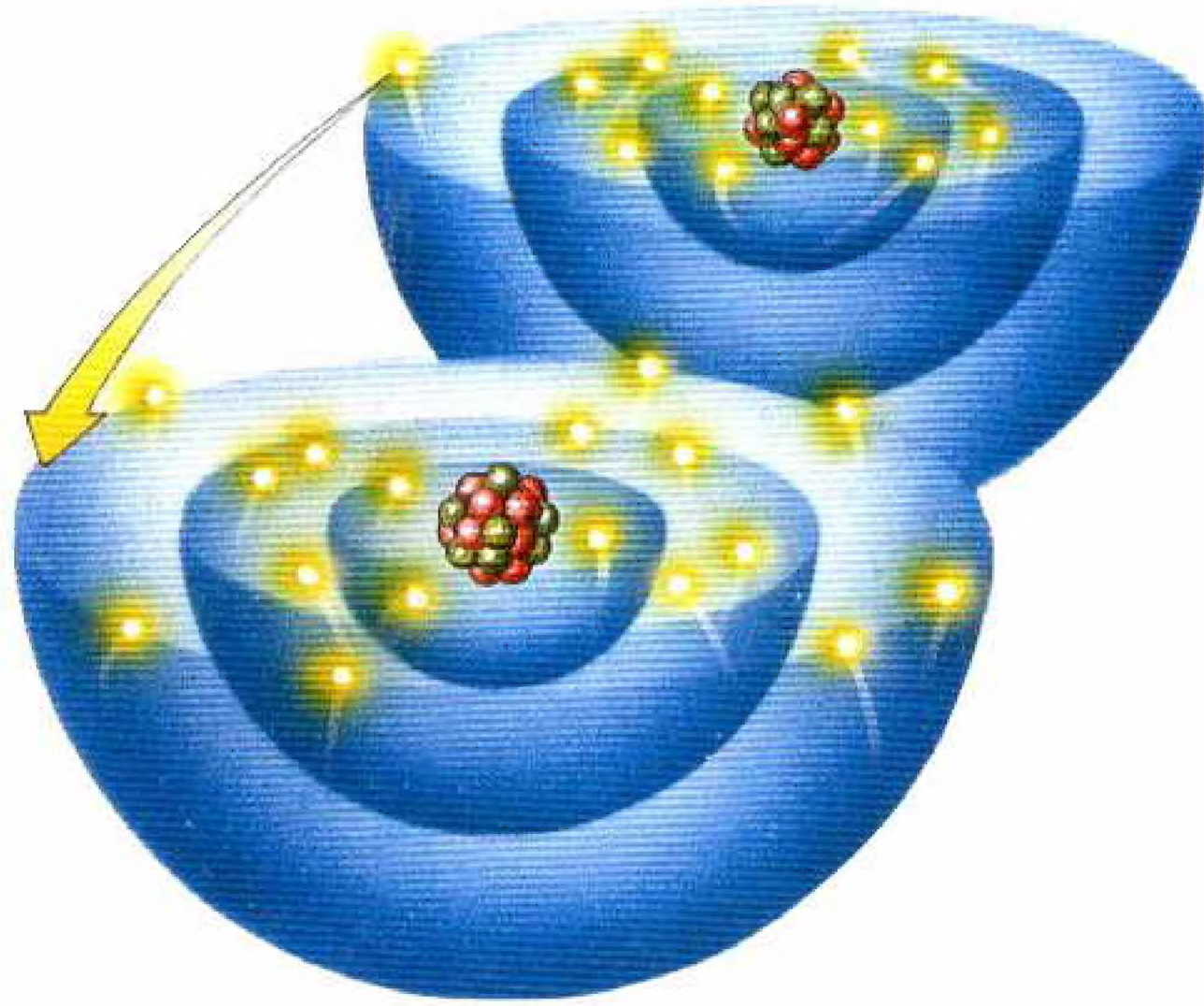
9 789953 337760

SCIENCE ENCYCLOPEDIA  
(ARABIC BUTTERFLY BOOKS)





# الموسوعة العلمية الشاملة



إعداد

أحمد شفيق الخطيب

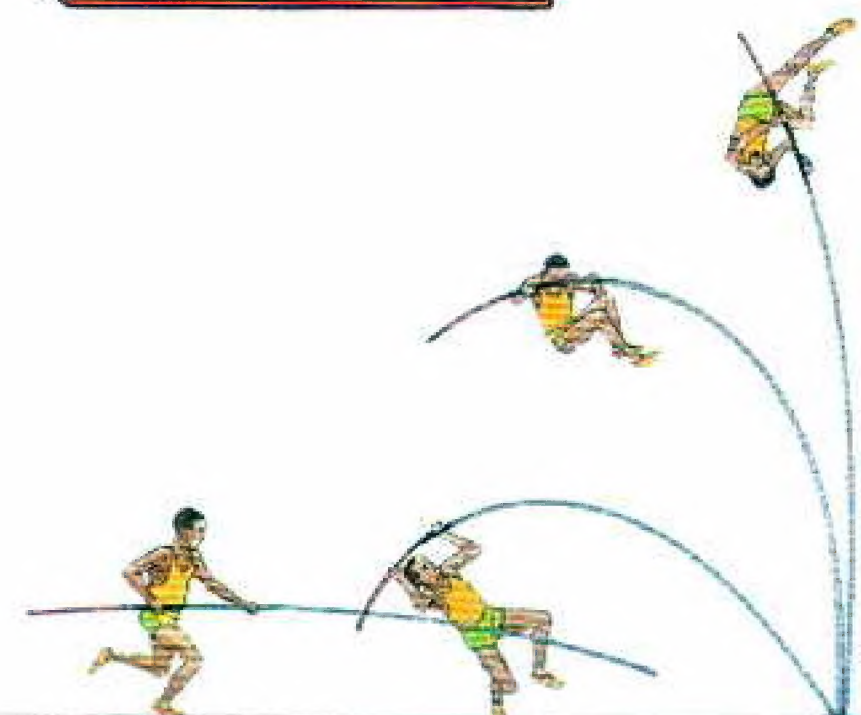
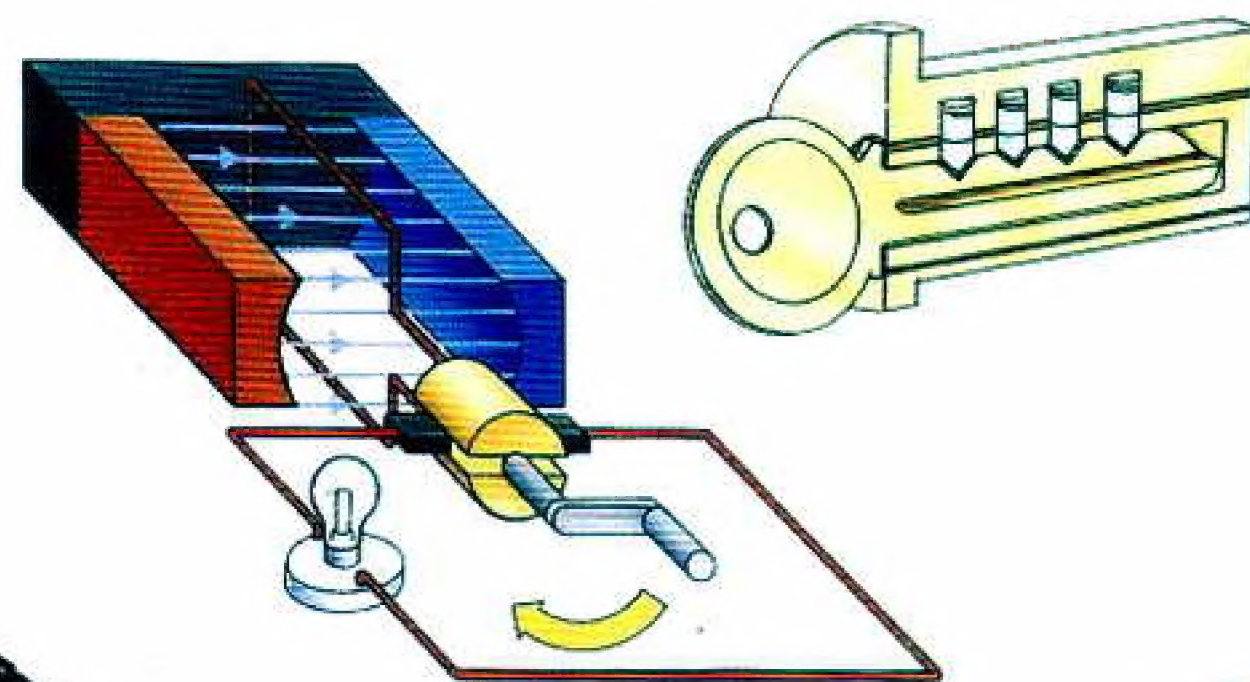
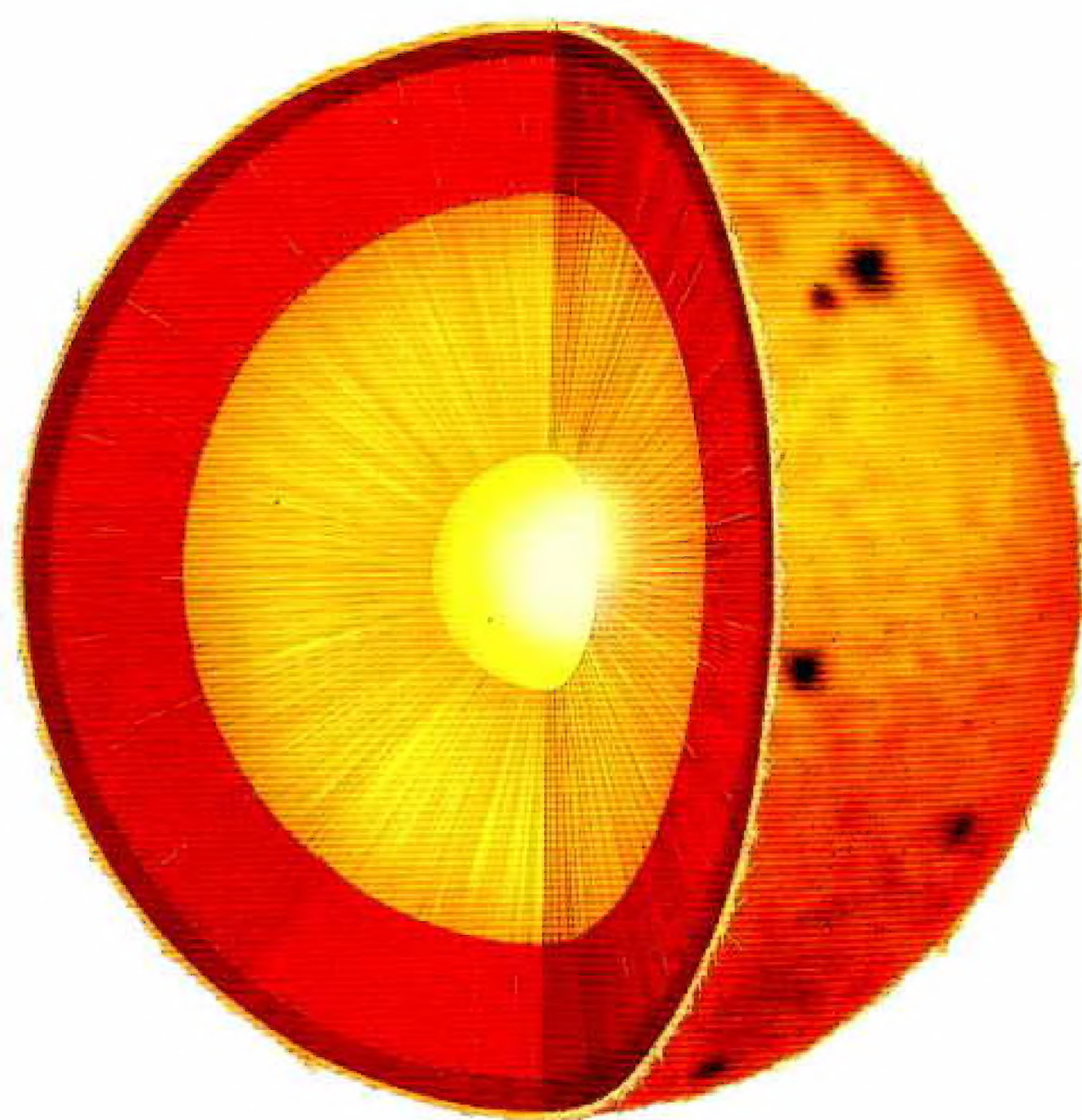
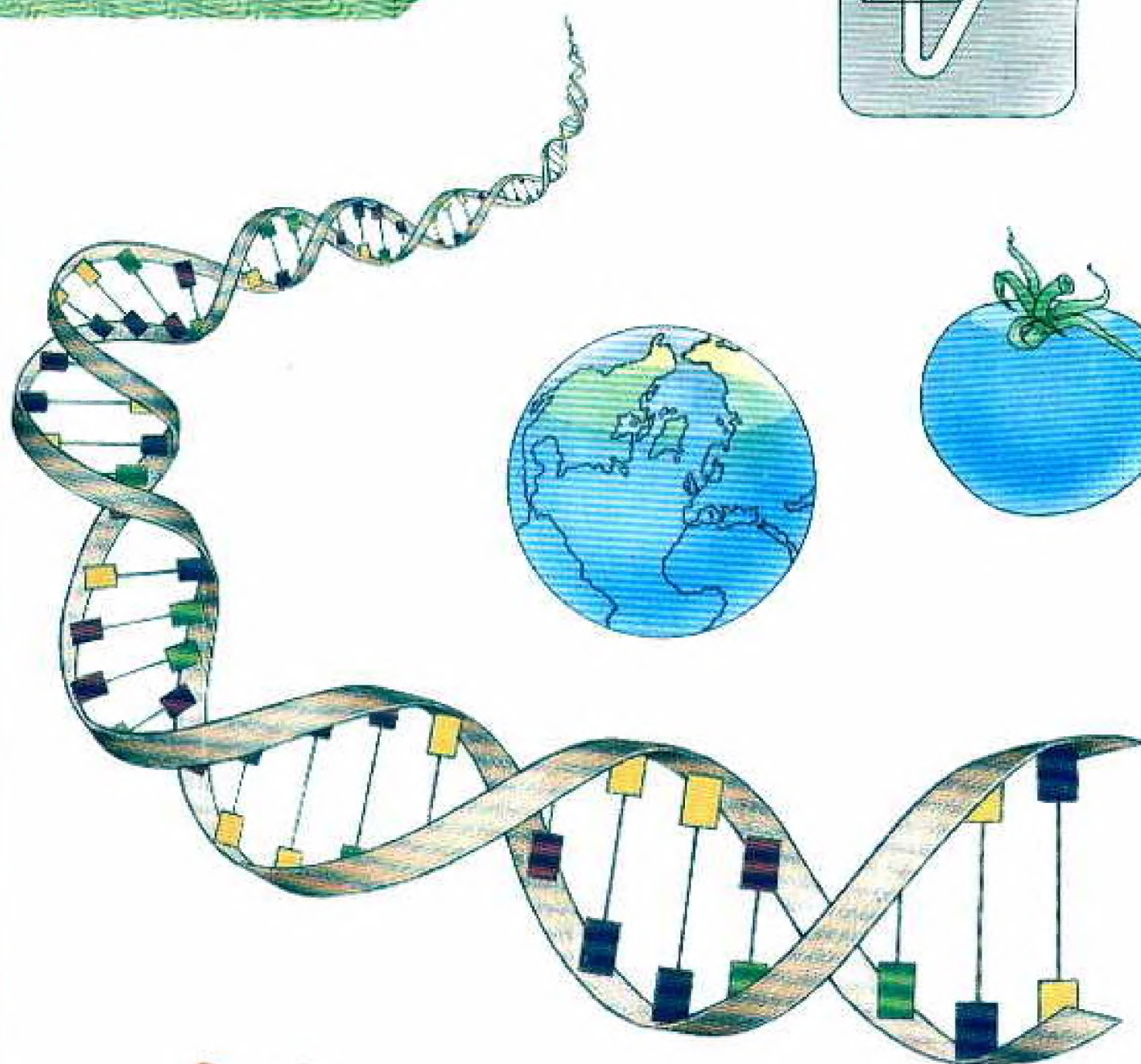
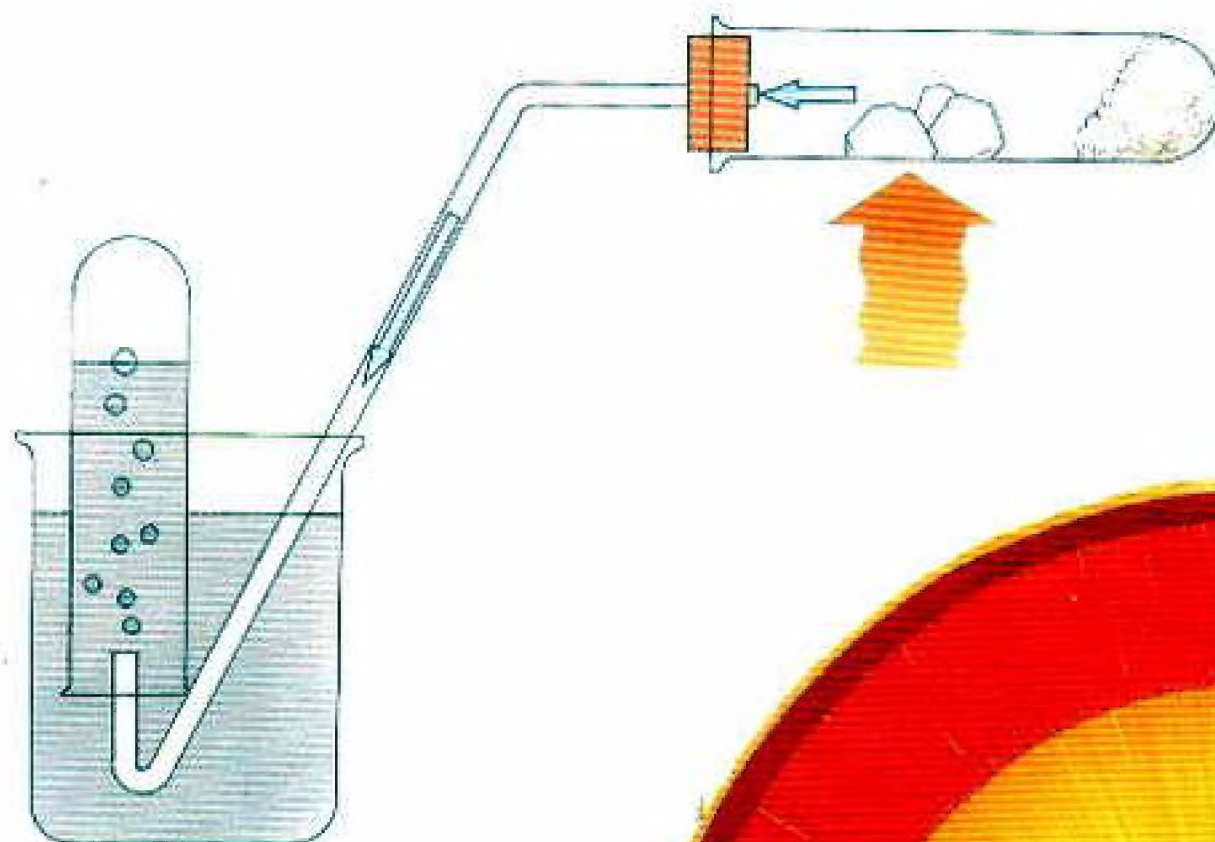
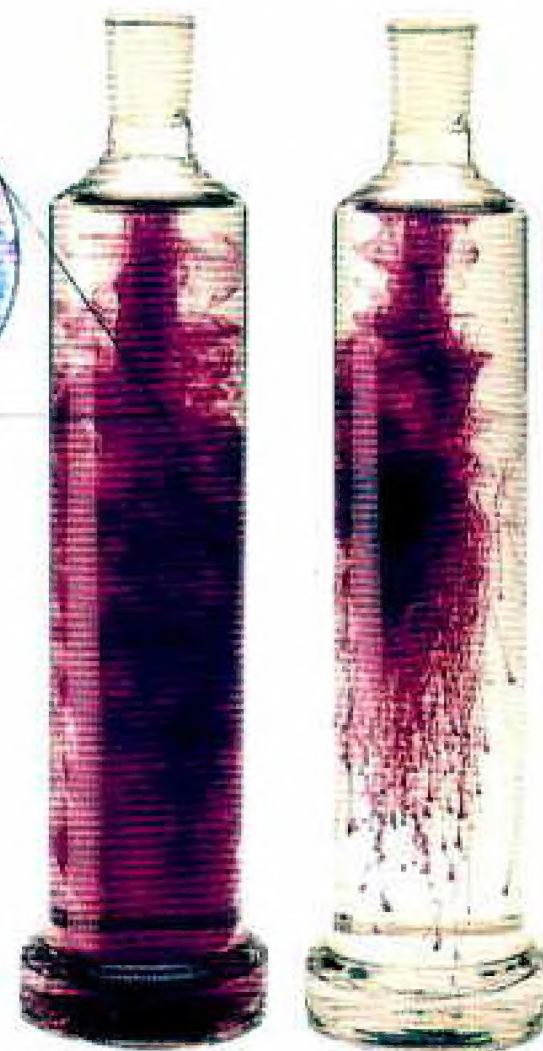
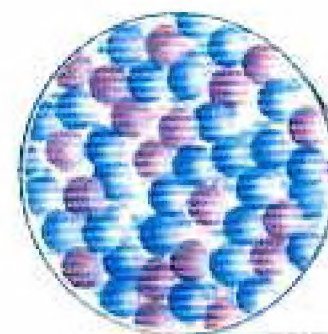
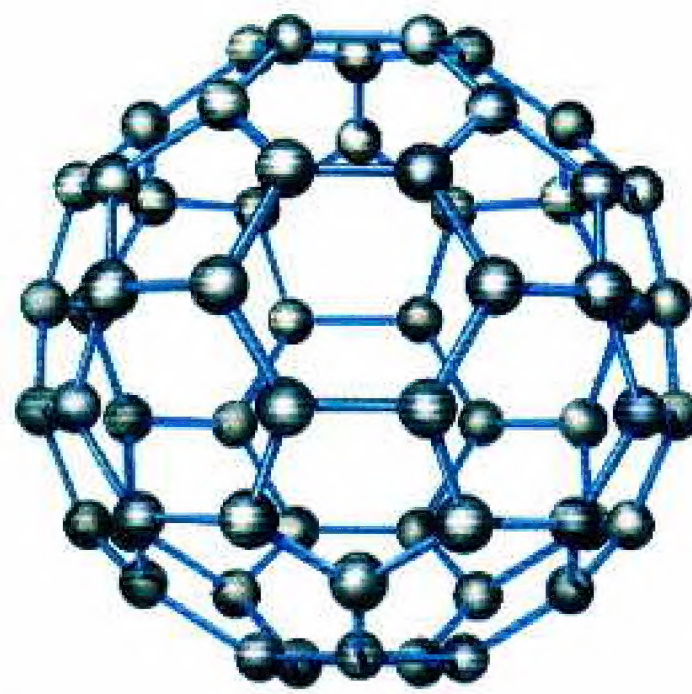
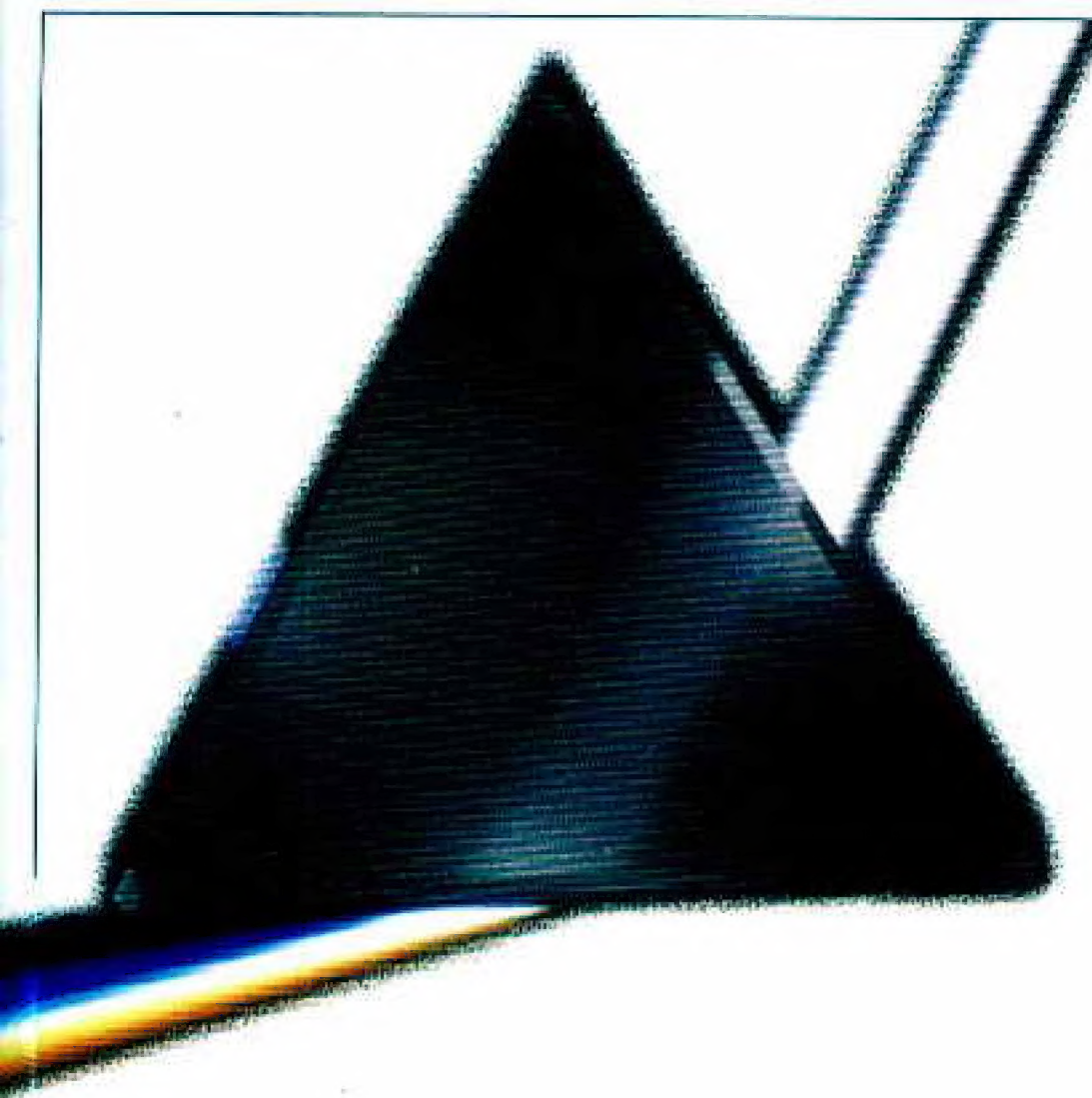
يوسف سليمان خير الله

رئيس التحرير

أحمد شفيق الخطيب

مكتبة لبنان ناشرون

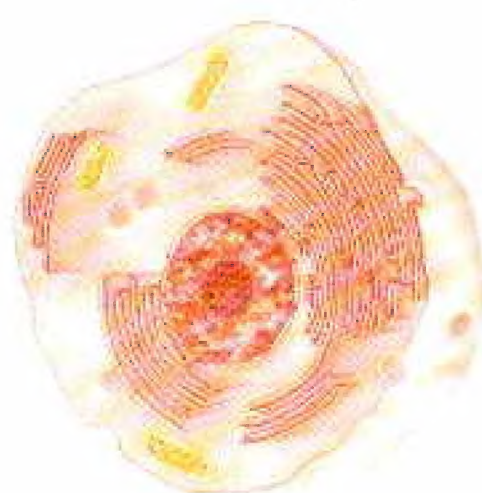
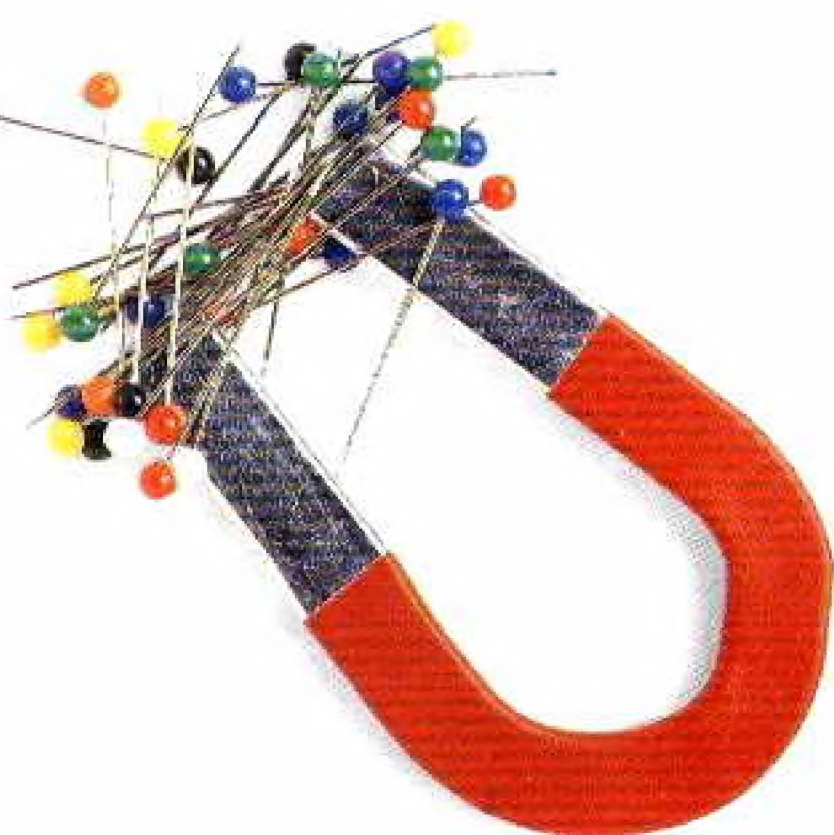
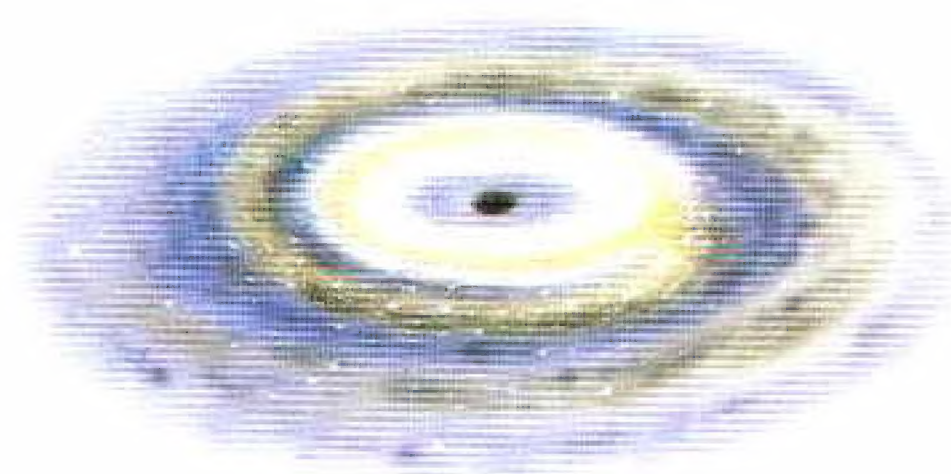








# الموسوعة العلمية الشاملة



مكتبة لبنان ناشرون



# المحتويات

٨١

## المواد

- ٨٢ صناعة الكيماويات
- ٨٣ الماء - مُعالجته وصناعاته
- ٨٤ الحديد والفولاذ
- ٨٦ النحاس
- ٨٧ الألومنيوم
- ٨٨ السبائك
- ٨٩ حامض الكبريتيك
- ٩٠ الأمونيا
- ٩١ الكيمياء الزراعية
- ٩٢ صناعة الأغذية
- ٩٤ صناعة القلويات
- ٩٥ الصابون والمنظفات
- ٩٦ منتجات الفحم
- ٩٧ منتجات الغاز
- ٩٨ منتجات النفط
- ١٠٠ المَكثُورات
- ١٠٢ الأصباغ والخُصب
- ١٠٣ مُستحضرات التجميل
- ١٠٤ الكيمياء في الطب
- ١٠٦ المواد اللصوقة
- ١٠٧ الألياف
- ١٠٨ الورق
- ١٠٩ الخزفيات
- ١١٠ الزجاج
- ١١١ تصميم المواد
- ١١٢ التلوث الصناعي



١١٣

## القوى والطاقة

- ١١٤ القوى
- ١١٦ جمع القوى ومُحصلاتها
- ١١٧ القوى المتوازنة
- ١١٨ السرعة
- ١١٩ التسارع

٤٢ الشرجين

٤٣ الفسفور

٤٤ الأكسجين

٤٥ الكبريت

٤٦ الهالوجينات

٤٧ الهيدروجين

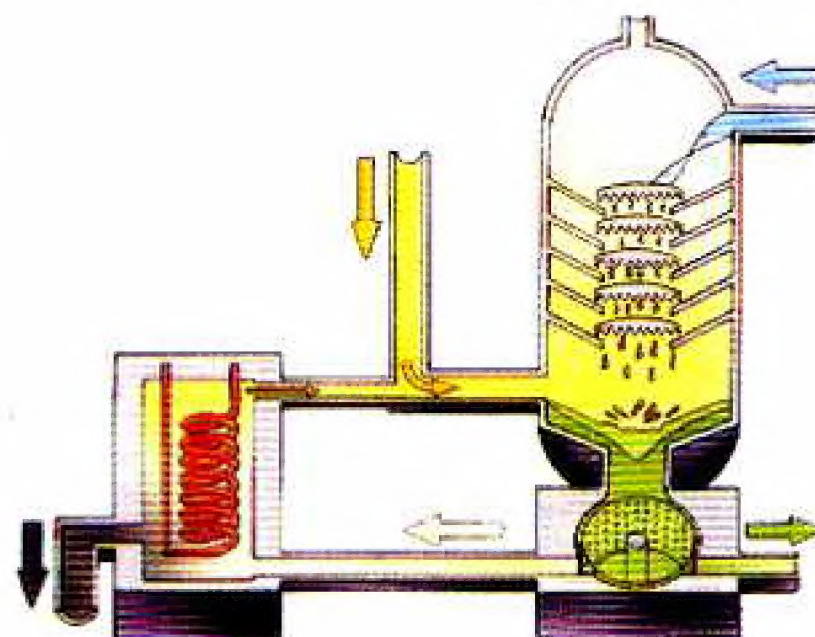
٤٨ الغازات النبيلة



٤٩

## التفاعلات

- ٥٠ النظرية الحركية
- ٥١ سلوك الغازات
- ٥٢ التفاعلات الكيماوية
- ٥٣ توصيف التفاعلات
- ٥٤ التفاعلات العكوسة
- ٥٥ سرعة التفاعلات
- ٥٦ الحفازات
- ٥٨ المركبات والمزيجات
- ٦٠ المحاليل
- ٦١ فصل المزيجات
- ٦٢ التحليل الكيماوي
- ٦٤ الأكسدة والاختزال
- ٦٦ سلسلة التفاعلية
- ٦٧ الكهرونة (التحليل بالكهرباء)
- ٦٨ الحوامض
- ٧٠ القلويات والقواعد
- ٧٢ قياس الحمضية
- ٧٣ الأملاح
- ٧٤ كيمياء الهواء
- ٧٥ كيمياء الماء
- ٧٦ كيمياء الجسم البشري
- ٧٨ كيمياء الأغذية
- ٨٠ الاختمار



٩-٨

## إرشادات وإيضاحات

١٠

## المسارات التاريخية

- ١٠ تعرفُ المادة وأسرارها
- ١١ تعرفُ خفايا الطاقة واستخداماتها
- ١٢ تعرفُ خفايا الأرض والفضاء
- ١٣ تعرفُ الكائنات الحية ودراستها

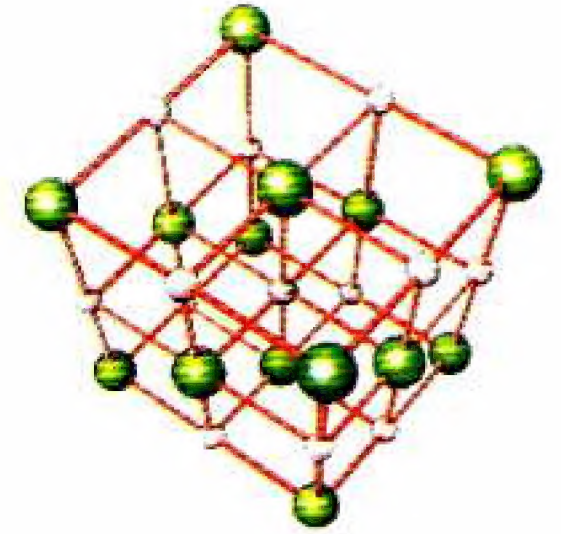
١٥-١٤

## الغلماء - كيف

## وماذا يعملون !

١٦

## قواعد السلامة وزمورها



١٧

## المادة

- ١٨ حالات المادة
- ٢٠ تغيرات الحالة
- ٢٢ خصائص المادة
- ٢٤ البنية الذرية
- ٢٦ النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية)
- ٢٨ الترابط الكيماوي
- ٣٠ البلورات
- ٣١ العناصر
- ٣٢ الجدول الدوري للعناصر
- ٣٤ الفلزات القلوية
- ٣٥ فلزات الأتربة القلوية
- ٣٦ الفلزات الانتقالية
- ٣٨ الفلزات الوضيعة
- ٣٩ أشباه الفلزات
- ٤٠ الكربون
- ٤١ الكيمياء العضوية





١٧٧

## الصُّوْتُ والضَّوْءُ

- ٢١٦ البراكين
- ٢١٨ نشوء الجبال
- ٢٢٠ الهزَّات الأرضية
- ٢٢١ الصُّخُورُ والمعادن
- ٢٢٢ الصُّخُورُ البركانيَّة
- ٢٢٣ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّة
- ٢٢٤ الصُّخُورُ المُتَحَوِّلة
- ٢٢٥ الآخافير
- ٢٢٦ الصُّخُورُ سِجَلَاتٌ جيولوجية
- ٢٢٨ الجليدُ والمثلجات
- ٢٣٠ التجوية والتَّحات
- ٢٣٢ أنواع التربة
- ٢٣٣ الأنهار
- ٢٣٤ البحارُ والمُحيطات
- ٢٣٥ الأمواجُ والمُدُّ (المُدُّ والجَزُرُ)
- والتَّيارات
- ٢٣٦ خُطُّ السَّاحِل
- ٢٣٨ الفُحْمُ
- ٢٣٩ النُّفُطُ والغاز
- ٢٤٠ رَسْمُ خرائط الأرض



## ٢٤١ الطُّقْسُ

- ٢٤٢ ضياءُ الشَّمْسِ
- ٢٤٣ الفُصول
- ٢٤٤ المَنَاح
- ٢٤٦ المَنَاحاتُ المُتغيِّرة
- ٢٤٨ الجَوُّ
- ٢٥٠ ضَغْطُ الهَوَاءِ
- ٢٥١ دَرَجَاتُ الحرارة
- ٢٥٢ الرُّطوبَة
- ٢٥٣ الجَبَهاَتُ المُناخِيَّة
- ٢٥٤ الرِّياح
- ٢٥٦ قُوَّةُ الرِّياح
- ٢٥٧ الرِّغْدُ والرِّيق
- ٢٥٨ الأعاصير
- ٢٥٩ الأعاصيرُ الدُّوامِيَّة
- ٢٦٠ السُّحُب
- ٢٦٢ تَكُونُ السُّحُب
- ٢٦٣ الصَّبابُ والسُّبُورة والصُّخَّان
- ٢٦٤ المَطَر
- ٢٦٦ الثَّلَج
- ٢٦٧ البَرَد
- ٢٦٨ الصَّقِيعُ والنَّدَى والجليد
- ٢٦٩ تأثيراتُ خاصَّة
- ٢٧٠ التَّنَبُّؤُ بالأحوال الجويَّة
- ٢٧٢ رَصْدُ الطُّقْسِ

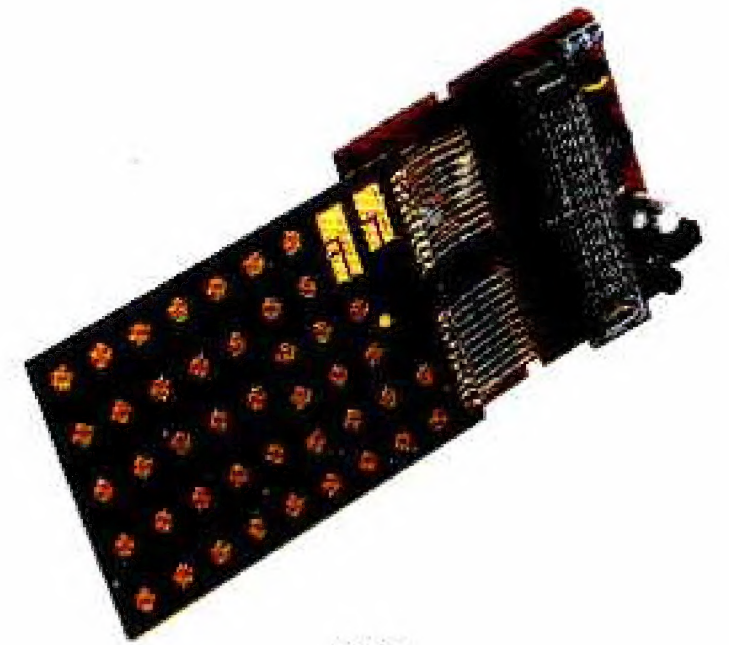


٢٠٩

## الأَرْضُ

- ٢١٠ تَكُونُ الأرض
- ٢١٢ بِنْيَةُ الأرض
- ٢١٤ القارَّاتُ المُتحرِّكة

- ١٢٠ القُوَى والحَرَكة
- ١٢١ الإخْتِكَاكُ
- ١٢٢ الجاذبيَّة
- ١٢٣ قِياسُ القُوَى
- ١٢٤ قُوَى الدَّورانِ والتدوير
- ١٢٥ الحَرَكةُ الدائريَّة
- ١٢٦ الإهْتِزَّازات
- ١٢٧ الضَّغْطُ
- ١٢٨ القُوَى في الموائع
- ١٢٩ الطَّفَقُ والغَطْسُ
- ١٣٠ المَكِنات
- ١٣٢ الشُّغْلُ والطَّاقة
- ١٣٤ مَصَادِرُ الطَّاقة
- ١٣٦ الطَّاقة النُّويَّة
- ١٣٨ تَحَوُّلاتُ الطَّاقة
- ١٤٠ الحَرارة
- ١٤٢ إِنْتِقَالُ الحَرارة
- ١٤٣ المُحرَّكات



١٤٥

## الكهْرَباءُ والمِغْنَطِيسِيَّة

- ١٤٦ الكهْرَبائيَّة السَّاكِنة
- ١٤٨ الكهْرَباءُ التَّيارِيَّة
- ١٥٠ الخَلايا والهِطاريَّات
- ١٥٢ الدَّاراتُ الكهْرَبائيَّة
- ١٥٤ المِغْنَطِيسِيَّة
- ١٥٦ الكهْرِمِغْنَطِيسِيَّة
- ١٥٨ المُحرَّكات الكهْرَبائيَّة
- ١٥٩ المَوَلِّدات
- ١٦٠ مَواردُ الكهْرَباء
- ١٦١ الكهْرَباءُ في البيت
- ١٦٢ الاتِّصالاتُ البُعاديَّة
- ١٦٤ الرَّاڊيُو
- ١٦٦ التِّلْفِزيون
- ١٦٨ مَقْومَاتُ إلكترونيَّة
- ١٧٠ الدَّاراتُ المُتكامِلة
- ١٧٢ الحاسِبات
- ١٧٣ الحَواسيب
- ١٧٥ إِسْتِخْدَامُ الحَواسيب
- ١٧٦ الرُّوبُوتات





### ٣٦٩ البيئيات

- ٣٧٠ الغلاف الحيوي
- ٣٧٢ دورات في الغلاف الحيوي
- ٣٧٤ البشر وكوكبهم
- ٣٧٦ الفضلات وإعادة تدويرها
- ٣٧٧ السلاسل والشبكات الغذائية
- ٣٧٨ الجماعات الحيوانية
- ٣٧٩ التعايش المشترك
- ٣٨٠ اللون والتنمويه
- ٣٨١ الهجرة والإسبات
- ٣٨٢ مناطق القطبين والتندرا
- ٣٨٤ الجبال
- ٣٨٥ الشواطئ
- ٣٨٦ المحيطات
- ٣٨٨ الأنهر والبحيرات
- ٣٨٩ المناطق الرطبة
- ٣٩٠ الصحاري
- ٣٩٢ السهوب العشبية
- ٣٩٤ الغابات المطيرة الاستوائية
- ٣٩٦ غابات المنطقة المعتدلة
- ٣٩٧ البلدان والمدن
- ٣٩٨ الحياة البرية في خطر
- ٤٠٠ الحفاظ على البيئة الطبيعية

٤٠١ - ٤٢٥

### حقائق ومعلومات

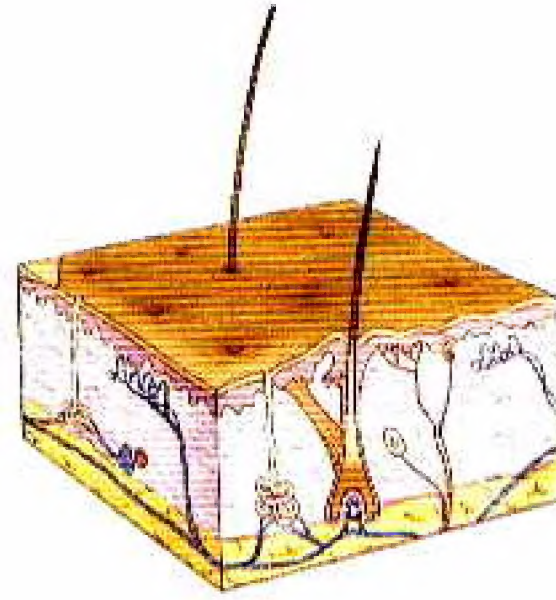
٤٢٦ - ٤٣٣

### مسرود التعريفات

٤٣٤ - ٤٤٥

### الفهرس العام

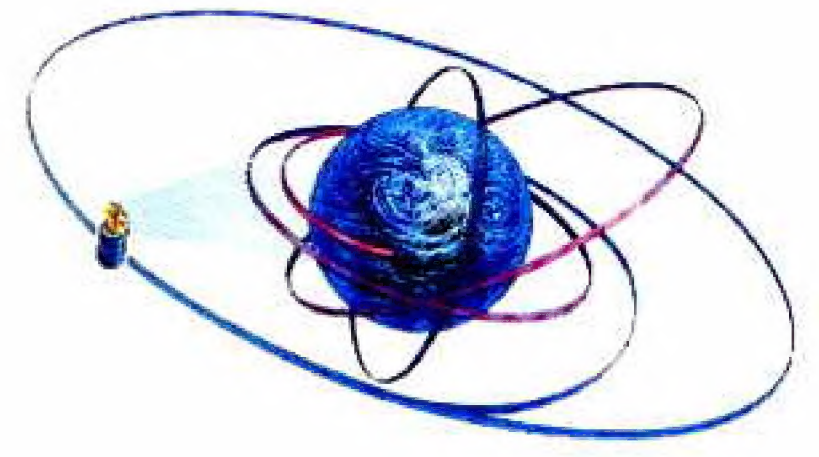
- ٣١٥ الفطريات
- ٣١٦ اللازهريات
- ٣١٧ الصنوبريات
- ٣١٨ النباتات المزهرة
- ٣٢٠ قنديل البحر وشقائق البحر والمرجان
- ٣٢١ الديدان
- ٣٢٢ المفصليات
- ٣٢٤ الرخويات
- ٣٢٥ نجم البحر والزقيات
- ٣٢٦ الأسماك
- ٣٢٨ البرمائيات
- ٣٣٠ الزواحف
- ٣٣٢ الطيور
- ٣٣٤ اللبونات
- ٣٣٦ الرئيسات



٣٣٧

### الكائنات الحية كيف تعمل

- ٣٣٨ الخلايا
- ٣٤٠ التخليق الضوئي
- ٣٤١ نظام النقل في النبات
- ٣٤٢ الغذاء
- ٣٤٣ الاغتذاء
- ٣٤٤ الأسنان والفكان
- ٣٤٥ الهضم
- ٣٤٦ التنفس الخلوي
- ٣٤٧ التنفس
- ٣٤٨ الدم
- ٣٤٩ الدورة الدموية
- ٣٥٠ البيئة الباطنية (في الأحياء)
- ٣٥٢ الهياكل الداعمة
- ٣٥٤ الجلد
- ٣٥٥ العضلات
- ٣٥٦ الحركة
- ٣٥٨ الحواس
- ٣٦٠ الأعصاب
- ٣٦١ الدماغ
- ٣٦٢ النمو ومراحله
- ٣٦٤ الوراثة
- ٣٦٦ التكاثر اللاجنسي
- ٣٦٧ التناسل الجنسي
- ٣٦٨ التناسل البشري



٢٧٣

### الفضاء

- ٢٧٤ الكون
- ٢٧٥ أصل الكون
- ٢٧٦ المجرات
- ٢٧٨ النجوم
- ٢٨٠ دورة حياة النجوم
- ٢٨٢ الكوكبات (الأبراج)
- ٢٨٣ النظام الشمسي
- ٢٨٤ الشمس
- ٢٨٦ عطارد والزهرة
- ٢٨٧ الأرض
- ٢٨٨ القمر
- ٢٨٩ المريخ
- ٢٩٠ المشتري
- ٢٩١ زحل
- ٢٩٢ أورانوس
- ٢٩٣ نبتون وبلوتو
- ٢٩٤ الكويكبات
- ٢٩٥ المذنبات والنيازك
- ٢٩٦ علم الفلك
- ٢٩٧ التلسكوبات الأرضية
- ٢٩٨ تلسكوبات الفضاء
- ٢٩٩ الصواريخ
- ٣٠٠ السواتل (الأقمار الصناعية)
- ٣٠١ السواير الفضائية
- ٣٠٢ الإنسان في الفضاء
- ٣٠٤ المحطات الفضائية



٣٠٥

### الكائنات الحية

- ٣٠٦ ماهية الحياة
- ٣٠٧ كيف ابتدأت الحياة
- ٣٠٨ النشوء والتطور
- ٣٠٩ آلية التطور
- ٣١٠ تصنيف الكائنات الحية
- ٣١٢ الحشرات (الفيروسات)
- ٣١٣ الجراثيم (البكتيريا)
- ٣١٤ المتعضيات الوحيدة الخلية



# إرشادات وإيضاحات

الزواحف. عندما تطلب مدخلا حول موضوع ما، أنظر أولا موقعه في صفحة المحتويات أو أطلبه في الفهرس لإيجاد الصفحات التي تحوي معلومات حول الموضوع الذي تريده.

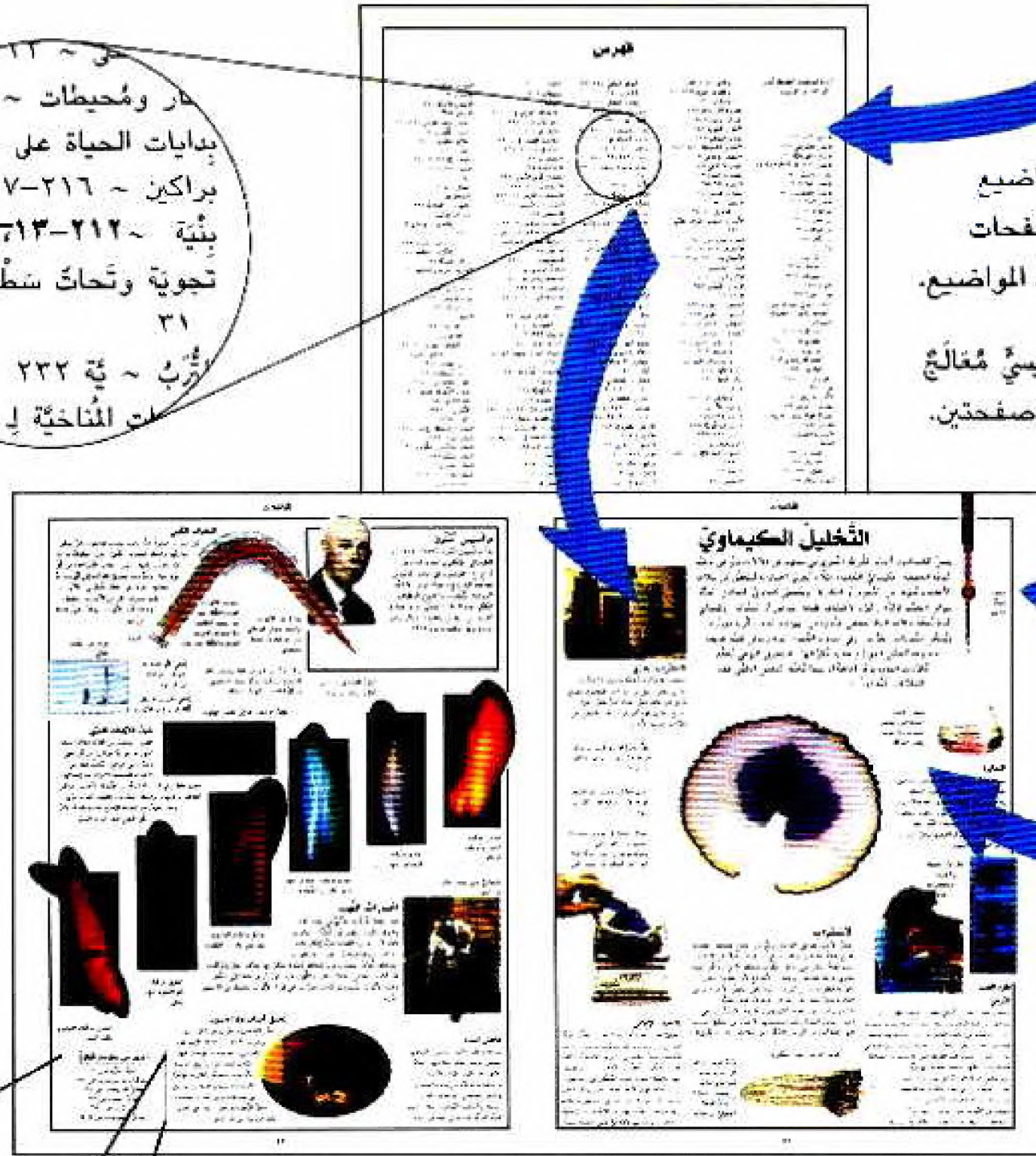
تبين لك هاتان الصفحتان طريقة استخدام الموسوعة وتقسيماتها. هنالك اثنا عشر مبحثا عاما، كالتفاعلات والكائنات الحية. وضمن كل مبحث هنالك مداخل رئيسية حول الموضوع، مثل كيمياء الأغذية أو

الفهرس في نهاية الموسوعة يدرج كامل مواد الموسوعة ومداخلها.

رقم الصفحة بالحرف العادي  
يُحيلك إلى المرجع ضمن مواد الموسوعة.  
رقم الصفحة بالحرف الأسود  
يُحدد المدخل الرئيسي.  
أما رقم الصفحة بالحرف المائل  
فيُحيلك إلى الصفحات ضمن قسم حقائق ومعلومات.

## المباحث العلمية

المعلومات في هذه الموسوعة مرتبة حسب المواضيع. فكل مدخل يُعطي معلومات وافية عن موضوع معين؛ وهذا يناسب بخاصة الطلاب الذين يحضرون مشاريع عملية علمية. وبمراجعة صفحات أخرى في القسم نفسه يمكنك أن تقصى جوانب الموضوع وتستوعب تفاصيله. هذه الصفحة عن موضوع التحليل الكيماوي مثلا، هي من قسم التفاعلات. فالكلمات والصور تبرز مواضيع أخرى وثيقة العلاقة بهذا الموضوع، كالاستشراب واختبارات اللهب، بأسلوب واضح مُشوق.



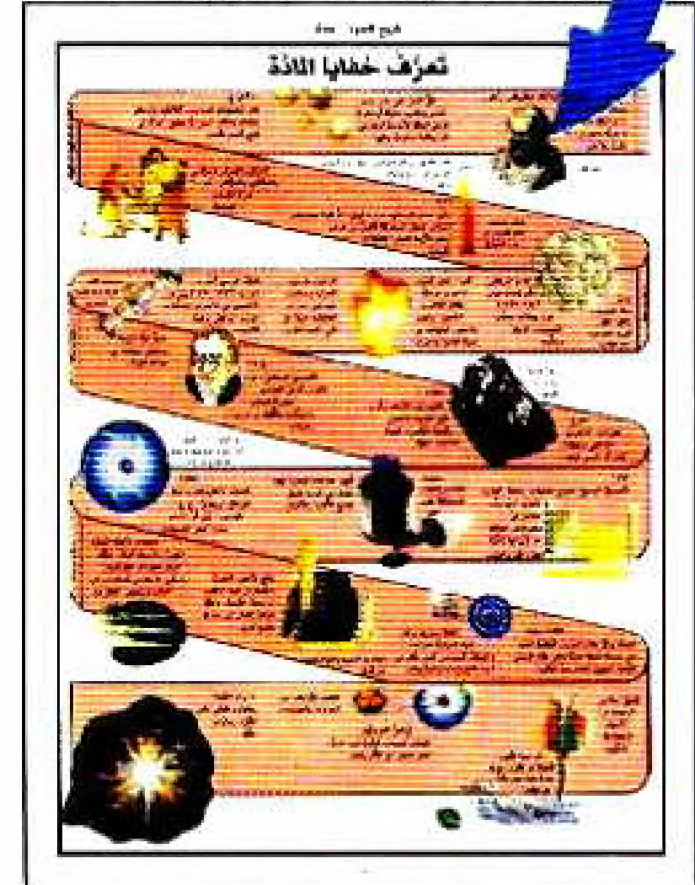
البنية الذرية تبين لك طبيعة الذرات ومكوناتها.

في موضوع «مصادر الضوء» شرح لأسباب ابتعاث الذرات للضوء عند إحمائها - وكيف أن خطوط الطيف الضوئي المنبعث من النجوم تستخدم لتحديد هويته.

الوراثيات تبين لك كيف أن الرموز الكيماوي في DNA يجعل كل مخلوق فريدا.

## المسارات التاريخية

يتصدّر الموسوعة أربعة مسارات تاريخية تعرض التسلسل الزمني لتطور فروع العلم المختلفة من أقدم العصور حتى العصر الحاضر. تتمحور هذه المسارات حول المباحث التالية: المادة، الطاقة، الأرض والفضاء، والكائنات الحية.



## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- فصل المزيجات ص ٦١
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- الوراثيات ص ٣٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

## لمزيد من المعلومات

في أسفل الزاوية اليسرى من كل صفحة إطار يُدرج ضمنه قائمة بصفحات أخرى من الموسوعة تجد فيها مزيدا من المعلومات عن موضوع بحثك. مثلا إطار «المزيد من المعلومات» في صفحة التحليل الكيماوي يورد قائمة من ستة مداخل وثيقة العلاقة بالموضوع مع أرقام صفحاتها.

إطار «المزيد من المعلومات» عن مصادر الضوء يُحيلك إلى أربعة مداخل ذات علاقة بالموضوع

هي: الغازات النبيلة، التفاعلات الكيماوية، موارد الكهرباء، والألوان.



# تَعْرِفُ خَفَايا المادّة

٤٠٠ ق.م. الفيلسوفان اليونانيان ديمقريطس وأبيقور،

يُعلّمان أنّ المادّة تتألف من ذرّات دقيقة دائية الحركة، لا تُدرك بالحواس، لا تنقسم ولا تُفنى.



ديمقريطس

ظنّ الناس على مدى مئات السنين يعتقدون بمقولة أرسطو إنّ عناصر المادّة الأساسية أربعة هي: النار والماء والتراب والهواء.

إعتبر أفلاطون أنّ هذه الجسيمات تشكّل ذرّات العناصر الأربعة: النار والماء والتراب والهواء.

٣٠٠ ق.م.

كان الفيلسوفان اليونانيان، أفلاطون وأرسطو يعتقدان بإمكان استمراريّة تقطيع المادّة إلى قطع أصغر فأصغر.



الحرفيون المهرة، كالمعدّنين والصّبّاغين والخزّافين، هم خبراء التقانات الصناعيّة.

١٦٦١

ارتأى العالم الأيرلندي، روبرت بويل، أنّ مقولة ديمقريطس (الذرّات الدقيقة المتحرّكة) أفضل من عناصر أرسطو الأربعة لتفسير التفاعلات الكيميائيّة.



تنتشر جزيئات الغاز (البروم) في هواء المخيّاتين.



تترابط ذرّات الصوديوم والكلور لتكوّن كلوريد الصوديوم (ملح الطعام).

العالم البريطاني السير إسحق نيوتن (١٦٤٣-١٧٢٧) يقول بإمكانية تجاذب الجسيمات الدقيقة وتنافرها.

علّماء العصر يُفسّرون الاحتراق بفرضيّة انطلاق اللّاهوب (العنصر الملتهب اللامنظور المتواجد في المواد القابلة للاحتراق).



الباحثون يدرسون الحرارة ويستقصون خصائص الغازات المكتشفة حديثاً مثل ثاني أكسيد الكربون.

العالم الفرنسي أنطوان لافوازييه (١٧٤٣-١٧٩٤) يبيّن دور الأكسجين في الاحتراق وتفاعلات أخرى، ويدحض فرضيّة اللّاهوب.



١٨٠٨

الكيميائي البريطاني، جون دالتون، يُدخل المفاهيم العصريّة للعناصر والمركّبات وتألفها من ذرّات وجزيئات.

١٨٣٠

الكيميائيون الألمان برنارد على الكربون كأساس للكيمياء العضوية (كيمياء الكائنات الحيّة).

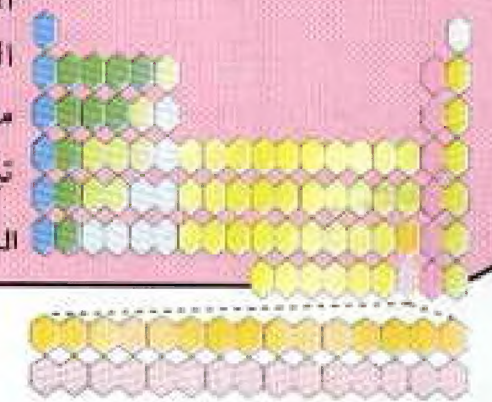


يتكوّن الفحم أساساً من الكربون.

إختراع محركات الاحتراق الداخلي باستخدام الغاز أو البنزين كوقود.

١٨٦٩

الكيميائي الروسي، دميتري مندلييف، يستنبط الجدول الدوري الذي يربّط العناصر في مجموعات متماثلة تبعاً لأوزانها الذريّة. الجدول الدوري للعناصر



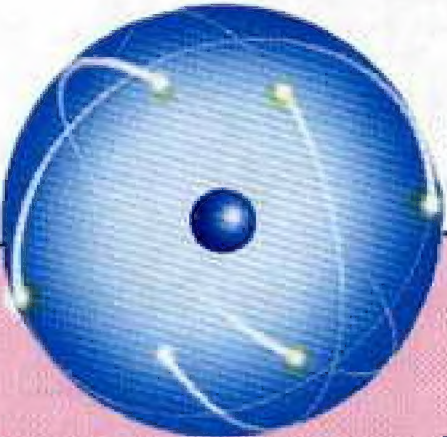
استخدام الأصباغ والخشب الاصطناعيّ لتلوين الجبر.



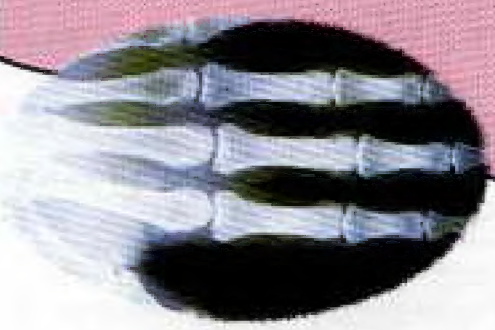
ظهور صناعات كيميائية مهمّة جديدة في ألمانيا تشمل تصنيع الأدوية والأصباغ.

١٨٩٧

إكتشاف الإلكترونات بواسطة الفيزيائي البريطاني، ج.ج. طومسون، يبيّن أنّ الذرات ليست أصغر الجسيمات.



استخدام الأشعّة السينيّة، المُضيرة بالأشعة أصلاً، مُلقنة لتوفير معلومات طبيّة مُفيدة، وتمكّن الأطباء من مُشاهدة دواخل الجسم وتشخيص العلّل فيه.



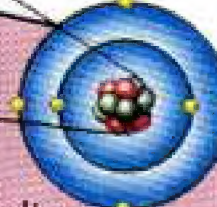
إنتاج الأجهزة التلفوتيّة بالحملة من لدنة الباكليت الراتنجيّة الصناعيّة، وتطوّر صناعة اللدائن إلى صناعة عالمية كبرى.



الكثير من الأجهزة والأدوات تُصنع من اللدائن

١٩٣٩-١٩٤٥

البُحث يتركّز خلال الحرب العالميّة الثانية على صناعة القنبلة الذريّة وعلى عقار البينيلين، المُضادّ الحيويّ الفعّال ضدّ البكتيريا.



العلماء يسيرون بواطن النواة المركزيّة للذرات، واكتشاف جسيمات أصغر بكثير من النواة كالبروتونات والنيوترونات.

لا يزال العلماء يحاولون تقصي أضلّ الكون وبدايات خلقه.

اكتشاف الكواركات داخل البروتونات والنيوترونات.

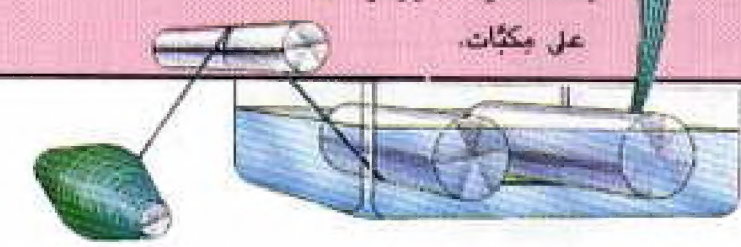


بواصل الفيزيائيون اكتشاف جسيمات صغريّة دون الذريّة أصغر فأصغر مثل الكواركات.

تصنيع الملابس الرخيصة من الأقمشة الاصطناعيّة كالنيلون.



تُرذّ لدنة النّيلون، المُصنّعة عبر الثقوب، خيوطاً جامدة متينة تُغزل وتُلف على مكّئات.





# تَعْرِفُ خَفَايا الطَّاقَةِ واستخداماتها

الحضارات الأولى تعتمد على قدرة الرياح وعلى القوة العضلية في الشَّقَر والبناء. وتستخدم الخشب كمصدر حرارة.



عالم الرياضيات اليوناني، أرخميدس، يضع مبادئ علم الميكانيكا ويخترع الكثير من البناط والآلات المهمة.



على مدى مئات السنين، ظلت نظريات وأفكار الفيلسوف اليوناني، أرسطو، مُسيطرَة على مختلف مجالات الفكر والمعرفة.

الفيزيائي وعالم الفلك الإيطالي، غاليليو، يؤكّد على استخدام التجربة والاختبار والفوانين الرياضية في تَمَضي أسرار الطبيعة.



1687  
إسحق نيوتن  
ينشر نظريته عن الجاذبية، بقانون رياضي فريد يُحدّد حركة الكواكب البعيدة كما يُحدّد حركة الأشياء على الأرض.

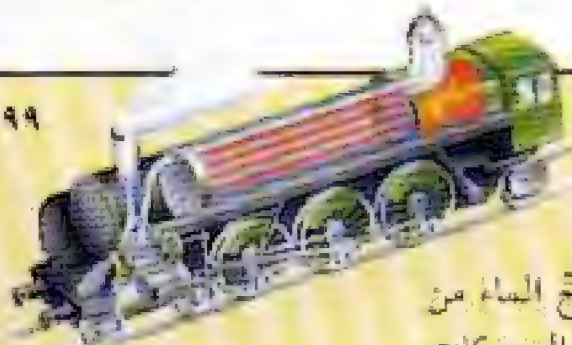


الناقش يستخدم لسنوات عديدة بين مؤيدي نيوتن في أنّ الضوء يتألّف من جسيمات دقيقة وبين مؤيدي الفيزيائي الهولندي، هينجز، في أنّ الضوء ذو طبيعة تموجيّة.

1745  
إخترع وعاء ليدين، الذي يُحرّك الشحنات الكهربائية الساكنة، يُمكن العلماء من إجراء تجارب كهربائية جديدة.

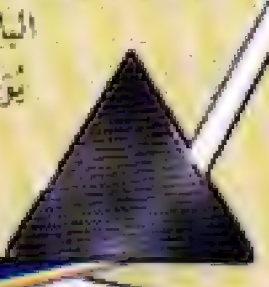


1770-1776  
المحركات البخاريّة الأولى تُخلّق مُخلّ الأخصبة في ضخّ الماء من مناجم القصدير وتطوّر المحركات البخاريّة لاحقاً إلى قاطرات.



1799  
اليساندرو فولتا، في إيطاليا، يخترع البطارية، أوّل مُصدر للكهرباء الثّابته.

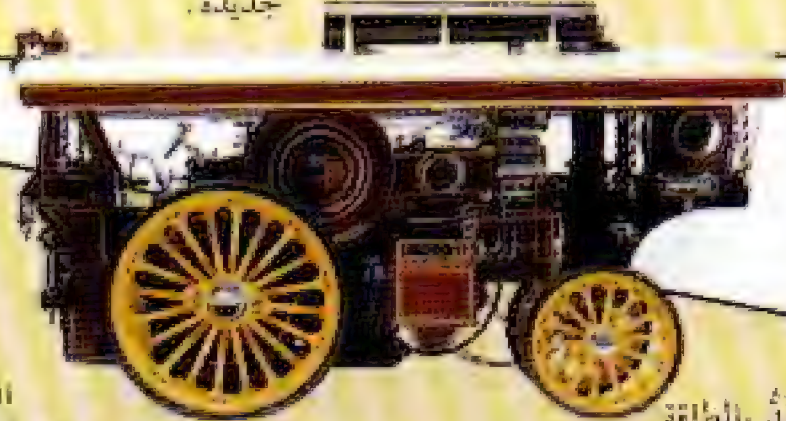
يستخدمهم تقنيات رياضية متقدمة واختبارات دقيقة، الباحثون الفرنسيون يُوطّدون النظرية التّوجّهية للضوء.



1820-1831  
العالم البريطاني، مايكل فارادي، يستخدم قوى التجاذب والتنافر المغنطيسية كأساس لصنع الدينامو (المولّد الكهربائي) عماد توليد الكهرباء الصناعيّة والمنزليّة.



المحركات البخاريّة تُبدّل بالطاقة المعاميل الجديدة والقطارات، جاعلة من بريطانيا أوّل البلدان الصناعيّة في العالم.



مع تزايد أهميّة المبكّنات، يقوم الفيزيائيون والمهندسون بدراسة العلاقات بين الحرارة والقُدرة والشغل.

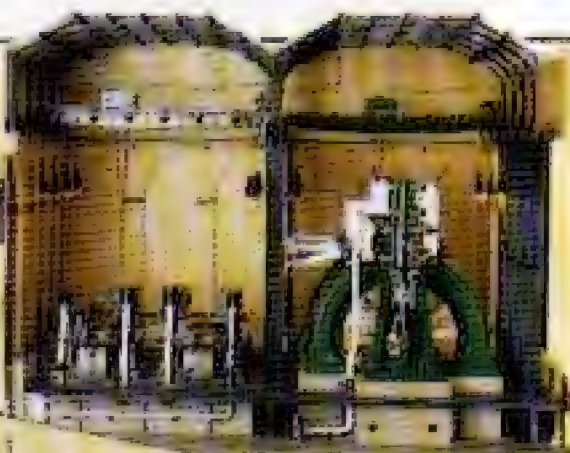


1888  
الفيزيائي الألماني، هيرتز، يبيّن أمواجاً راديوية (لاسلكيّة) في مختبره، وهو اكتشاف علمي بالغ الأهميّة.



شكّات الغاز والكهرباء تُبدّل في تغيير أساليب الصناعة ولمد حياة الناس اليومية أيضاً.

اختراع الحاكي (الفونوغراف)، وأفلام السينما المتحركة، وقيام صناعات التّسليّة والترفيه.



1910  
العالم الألماني المولد، ألبرت أينشتاين، يُحدث تغييراً جذرياً في آرائنا حول الكون بإخراجه النظرية النسبيّة العامة على أسس رياضيّة.



في العام 1919، ارتأى أينشتاين أنّ مسار شعاع ضوئيّ ينحني بالجاذبيّة. وقد تأيّد ذلك بالملاحظات التي أُجريت على ضوء النجوم أثناء كسوف الشمس.



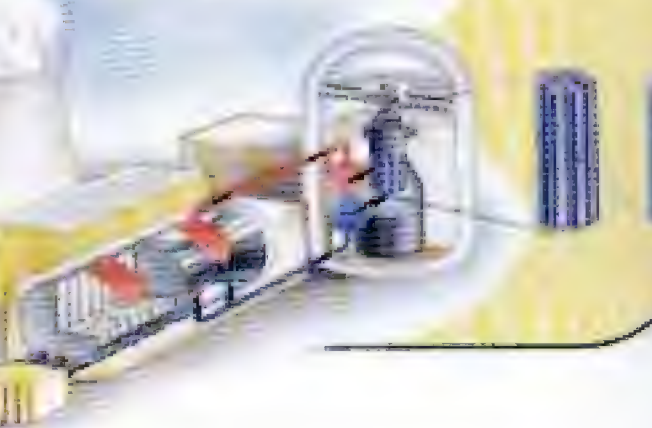
النظريّات الحديثة لميكانيكا الكمّ تُحدّد طبيعة الضوء كجسيمات من الفوتونات الدقيقة تعمل كأموّج وكجسيمات.

1925  
العالم يُدخّل بالقُدرة التدميريّة للقبلة الذريّة بعد مُبَلّغي هيروليس وناغازاكي.

العالم البريطاني، جيمس جُول (1818-1888) يُحدّد العلاقة بين الشغل والحرارة (بإيجاد التّكافؤ الميكانيكي للحرارة).

العالم يُدخّل بالقُدرة التدميريّة للقبلة الذريّة بعد مُبَلّغي هيروليس وناغازاكي.

المخفّطات الحديثة لتوليد الكهرباء تُستخدّم الطاقة النوويّة لأغراض السّلام.



خزّن الضوء الفائقة القدرة التي تُنتجها الليزر سرعان ما يُوجد لها استعمالات عدّة في الفيزياء والصناعة والطب.

سرعات الشّقَر تزايدت بينما تحطّم الأمريكيّون على سطح القمر وتكبيّل الكونكورد رحلتها البكر عام 1969.

1979  
مدرستهم لأقوى الكونيّة الأربع، برنط الفيزيائيون بنجاح بين القوى الكهرومغنطيسيّة وبين القوى النوويّة الضعيفة.



يتزايد اهتمام البيئيّين باستخدام مصادر قُدرة أكثر أماناً لعدم إلحاق الضرر بالبيئة.

يتابع العلماء استقصاء ما إذا كانت جميع المجرّات في الكون تحكّمها القوانين الفيزيائيّة نفسها.





# تَعْرِفُ خَفَايا الْأَرْضِ وَالْفَضَاءِ

انتبط الإغريق خرائط مُعَقَّدة لِلسَّمَاءِ  
مُسْتوحاةً من اعتقادهم بالمخلوقات  
الأسطورية.



مُعَظَّمُ فلاسفةِ الإغريق  
يرتأون أَنَّ الْأَرْضَ ثابتةٌ  
في مركزِ الكونِ.

شُعوبُ الحضاراتِ القديمة لديهم آراءٌ مُتباينةٌ  
حولِ الكونِ. فالهندوسُ يرون أَنَّ الْأَرْضَ يحملُها  
أربعةٌ فيلةٍ تقفُ بدورها على ظهرِ لُجَاءٍ ضخمةٍ.



١٥٤٣

عالمُ الفلكِ

النيولوتي، كوبرنيكوس، يَرْتَي أَنَّ سُلوَكَ  
الأجرامِ السماويَّةِ يمكنُ تعليلهِ بصورةٍ أفضلٍ إذا كانتِ  
الأرضُ هي التي تدورُ حولَ الشمسِ.

صورةٌ طبقُ الأصلِ عن تلسكوب  
غاليليو ذي العدستين

غاليليو يُؤيِّدُ نظريَّاتِ كوبرنيكوس ويستخدمُ  
مِقْرَافًا (تلسكوبًا) لِوَسْطِ القمرِ  
والكواكبِ.



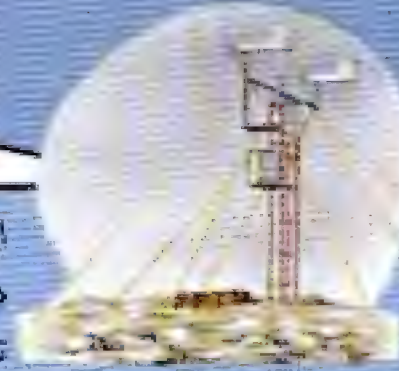
١٧٨١

عالمُ الفلكِ البريطاني، وليام  
هرشل، يرسمُ خرائطَ للنجومِ ويكتشفُ  
كوكبًا جديدًا هو كوكبُ أورانوس.



الركبُ الملكيُّ المُدرَّجُ

الآلاتُ الحديثةُ الأكثرُ  
دِقَّةً تمكِّنُ الناسَ من  
تسجيلِ وجمعِ  
المعلوماتِ عن جوِّ الأرضِ. وينشأُ بذلكَ عِلْمُ  
جديدٌ هو عِلْمُ الأرصادِ الجويَّةِ.



ينزايْدُ قِبَلِ وشيوعِ  
مفهومِ إسحاق نيوتن  
ومعقولتهِ بنظامِ  
كواكبيٍّ مركزه  
الشمسُ، وتشدُّه إلى  
أفلاكِهِ قُوَى الجاذبيَّةِ.



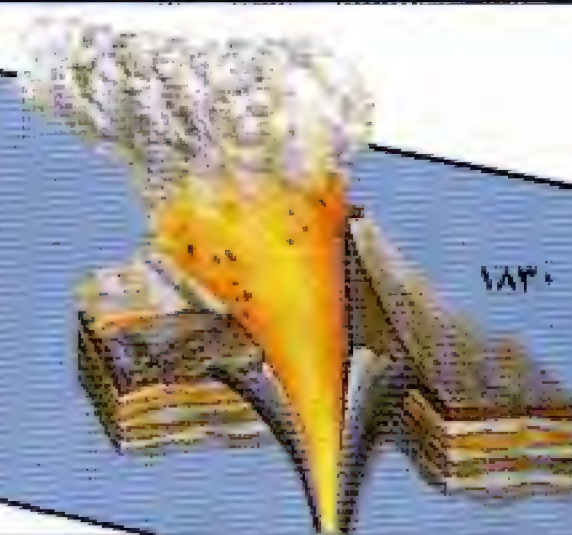
مقياسُ نيوتني

بينما المُستكشفون، من أمثالِ جيمس  
كوك، يقومونُ ببحاثٍ علميَّةٍ مديدةٍ تتخسَّرُ  
الخرائطُ وتزايْدُ المعلوماتُ المُجمَّعةُ عن  
الكثيرِ من النباتِ والحيوانِ  
والمُجمَّعاتِ.

صفحةٌ من  
يومياتِ هرشِل



مع توسُّعِ الامبراطوريَّاتِ  
الأوروبيَّةِ انطلقتِ مشاريعُ  
واسعةُ المدى لِرسمِ الخرائطِ  
والمُخطَّطاتِ الجغرافيَّةِ  
وقياسِ العالمِ من حولنا.



١٨٣٠

الجيولوجيُّ البريطاني، شارلز لايل،  
يرتَي أَنَّ الْأَرْضَ تخضعُ لتغيُّراتٍ  
تدريجِيَّةٍ منذُ دهورٍ  
طويلةٍ.



تاريخُ عيانيِّ للكونِ



١٨٩٦

الفيزيائيُّ الفرنسي، هنري بيكريل،  
يكتشفُ النُّشاطَ الإشعاعيَّ الذي  
يجعلُ قياسَ عُمرِ الأحافيرِ  
مُمكنًا.

١٩٠٨

بناءً على كوبر  
جديدٌ مُصمَّمٌ في قرصِ جِلِّي ويلسون  
بكاليفورنيا في الولاياتِ المتحدَةِ.



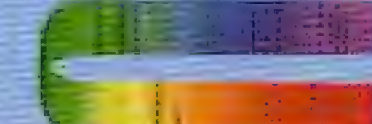
رُغمَ سَخَرِيَّةِ الآخرينِ  
يتابعُ الجيوفيزيائيُّ  
الألماني، ألفريد واغنر،  
إيجادَ البراهينِ لِدَعْمِ  
آرائهِ الجديدهِ حولَ  
الانجرافِ القاريِّ.

١٩٣٥  
يتواصلُ تناميُّ  
معرفةِ الكونِ  
باكتشافِ بلوتو،  
ودراسةِ المعجراتِ  
الأخرى.



بلوتو وقمره  
شارون

ثبُتُ حُطوطُ فراونهوفر في طيفِ  
الشمسِ العناصرِ المُتواجدةِ في جُودِها.



التلسكوباتُ الراديويَّةُ  
تمكِّنُ من مُسحِ  
واسِعٍ لالكونِ البعيدِ،  
ويُكافِشُ العُلَماءُ نظريَّاتِ  
حولِ صِيرورةِ الكونِ وخلقِهِ.



العُلَماءُ يطوِّرونَ نظريَّاتٍ فلكيَّةً مُعَقَّدةً حولَ  
صِيرورةِ الكونِ في حادثِ مُفَرِّدٍ يُسمونهُ  
الانفجارَ العظيمِ.

النُّشُورُ بأحوالِ  
الطقسِ يُصيِّحُ  
بالقِ الدقَّةِ بِمساعدةِ  
الحواسيبِ المُتَّالةِ  
والسواتلِ الدائرةِ حولَ  
الأرضِ.



الأمريكيونُ والرُّوسُ  
يُطلِّقونَ مركباتِ  
فضائيَّةٍ مَاهولةٍ لِاستكشافِ  
القمرِ ويُرسلونَ السَّواتلِ بعيدًا  
في الفضاءِ.



العُلَماءُ الأمريكيونُ والبريطانيونُ يُجرونَ قياساتِ  
تؤكدُ النظريَّاتِ الثوريَّةَ حولَ الانجرافِ القاريِّ  
والتكوُّنِ اللُّوجيِّ.



يُحقِّقُ العُلَماءُ الكونِ «كُلْفَاعَةً»  
ضخمةً تتنمُّدُ من ثِقَلَةِ صغيرةٍ  
حدثَ فيها الانفجارُ العظيمُ.

رُجُلَةُ القوَّةِ في مشرُوعِ أبولو  
تُطلِّقُ من العربةِ القمرِيَّةِ  
مُغامرةً سطَّحِ القمرِ عامَ ١٩٦٩.



# تعرّف الكائنات الحيّة ودراستها

الناس في حضارات مصر القديمة يعتقدون بأن الآلهة الوثيقة الصلة بالنبات والحيوان تؤثر في حياتهم.



باشت إلهة المصريين القدماء - قطة.

الفيلسوف اليوناني، أرسطو، يُشدّد على أهمية دراسة الحيوانات وتصنيفها.

الكيميائيون (الكيميائيون القدماء) يحاولون تحويل المواد العادية إلى ذهب، وتُجرى التجارب أيضًا على العلاجات الطبية.



مخطوطة من القرن الرابع عشر تُصوّر خيسانيثا أثناء الغفل.



الطبيب الإيطالي أندرياس فيساليوس (1514-1564)، يُشرّح الجثث ويُنشر كتبه حول تركيب الجسم البشري.



1628  
الطبيب البريطاني، وليام هارفي يصف كيف يضخ القلب الدّم حول الجسم باستمرار (وكان الطبيب الدنمكي ابن النيس قد وصف ذلك بين القلب والرئتين قبله بثلاثة قرون).

مخطط يُبيّن كيفية تصنيف الطيور الروماني (هيليكس بوماشيا) من 21.



مع تحسّن الأجهزة والآلات، يتم فحص البنية المجهرية لأنواع عديدة من النبات والحيوان بتفاصيل أدق.

1749  
عالم النبات السويدي، كارل لينيوس، يبتدع النظام السائد حاليًا لتصنيف النباتات والحيوانات مُستخدِمًا التسمية الثنائية باللاتينية.



عالم الطبيعة الفرنسي، جورج-لويس بوفون (1707-1788) يقول باحتمال خضوع الكائنات الحيّة لتغيّرات تدريجية بطيئة مُدّة بدء الخليفة.

وجود

الأحافير يُفسّر للعالم الإحاثي الفرنسي البارون جورج كوفييه بَرهنة أنّ الأنواع قد تفرّض وتُخلَق.



نظرية عالم الأحياء الفرنسي، جان لامارك (1744-1829) بأن الحيوانات تتوارث الصفات البيئية المكتسبة من جيل إلى جيل. تطلّى تلقى السويديين حتى فترة غير قصيرة من القرن العشرين.



بعد تجاربهم المجهرية التفصيلية يُقدّم علماء الأحياء الألمان نظريات جديدة حول تطوّر الأجنّة.



الباحثون الألمان يُبينون أنّ الخلايا هي الوحدات الأساسية في بنية الأحياء النباتية والحيوانية.



التعلّات التي تعيش في المواطن الطبيعية المتناظرة، في مختلف أنحاء العالم، متشابهة في الغالب لأنها مكيفة للعيش في نُظم بيئية متماثلة.

نتيجة لتجاربه العلمية الدقيقة، يبيّن الكيميائي الفرنسي، لويس باستير أنّ الإحتمال تُنبئ كائنات مجهرية.

مناقبة الدُرشوريات، الشبيهة بقصفور الدوري، في جُرد غلايغوس تُظهر تماثلات واضحة اشلاها نوع الغذاء في بنائها المتمايزة.



1859  
عالم الطبيعة البريطاني، تشارلز دارون، ينشر كتابه البالغ الأثر في تاريخ الفكر الحديث «أصل الأنواع» يدعم فيه نظريته حول التطوّر (النشوء والارتقاء).

النظريات الوراثية الحديثة تبدأ مع إعادة اكتشاف ما كان يُوصّل إليه غريغور مندل (1822-1884) عن قوانين الوراثة في البسلي.



عنساء الكيمياء الحيوية يُبيّنون الأهمية الصحيّة البالغة لمعادير ضئيلة من بعض الكيمائيات كالفيتامينات والهرمونات.



1949 - 1940  
الرعاية الصحيّة تتحسّن بشكل لافت مع بدء إنتاج المضادات الحيوية بالجملة.

1999-1990  
تقنيات جديدة في الهندسة الوراثية، مثيرة للجدل، تُمكن العلماء من «نصميم» حيوانات خالية من الأمراض، وتوفير إنتاج أكبر من اللحوم.

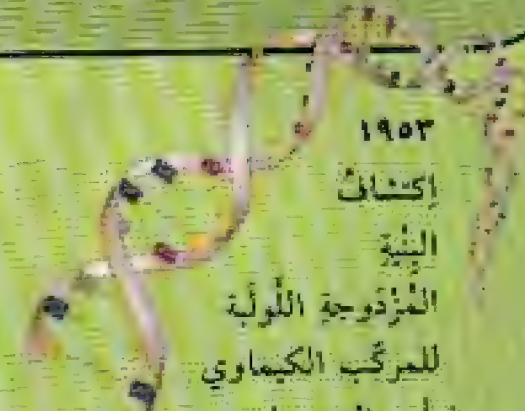


1989 - 1980  
علماء الينيات يدركون أنّ التلوث في بلد ما يُسبب مطرًا حامضيًا في بلاد أخرى يُضخّ مساحات شاسعة من التّبث الطبيعي فيها.



الأبخرة الشامة المنطلقة في الجو تعترّج مع بخار الماء في الهواء وتتساقط مطرًا.

يتنامى علم البيولوجية الجزيئية الجديد بينما يتقوى العلماء طبيعة الجينات والتناسل.



1953  
اكتشاف البنية المُزدوجة اللولبية للمركّب الكيمائي DNA - المسؤول عن الوراثة، يُحدث تغييرات جذرية مثيرة في علم الأحياء.



# العلماء - كيف وماذا يعملون؟

العلماء أناسٌ من مختلف المشارب ومناحي الحياة، رجالاً ونساءً، همُّهم إدراك الحقيقة والمعرفة المنظمة حول مواضيع معينة بمنهجية علمية مُقررة تؤدي إلى فهم أفضل لحقائق الكون وقوانينه وإيجاد طرائق وأساليب لتحسين العيش فيه. فمن يقني

مخبري يفحص الدم في مستشفى أو مستوصف إلى رياضي فيزيائي يدرس أصل الخليفة إلى عالم نبات يجمع عينات النبت النادرة إلى كيماوي يُطوّر نوعاً جديداً من مُنكّهات الطعام، كلهم علماء ينشُدون بالعلم عالماً أفضل.

جراحون يجرون جراحة تجميلية



## مُتوبات العلم

العلماء يُعزّون عملهم لأنهم يجدون الرضا النفسي الذاتي فيه، ولأنّ التقدّم العلمي يُفيد المجتمع.

تجربة قنبلة نووية في صحراء فيقادا، بالولايات المتحدة الأمريكية.



## إيجابيات العلم وسلبياته

يعتمد عالمنا الحديث على التقنيات والكهرباء والسيارات واكتشافات واختراعات علمية أخرى لا تُحصى. فحياة الملايين من البشر أنقذت بفضل أدوية كالبيتاين، أو لقاحات كلقاح الجدري. غير أنّ بعض الناس يُحمّلون العلم مسؤولية بعض الكوارث العالمية النطاق كالقنابل الذرية والنوثة وترقيق طبقة الأوزون.



مُشاة نووية في سلافيلد، إنكلترا

## المسؤولية الأدبية

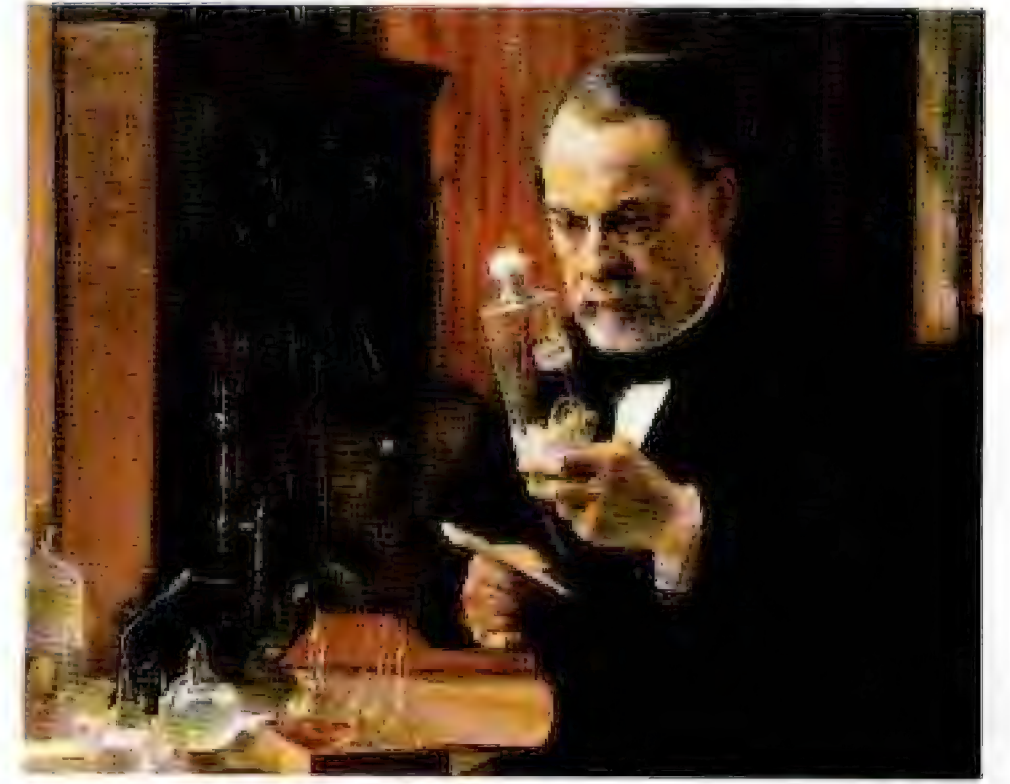
على السياسيين والاقتصاديين والعلماء والمُخططين الاجتماعيين أن يُقرّروا ما إذا كانت بعض التجارب كإثارة التفاعلات في مُفاعل نووي أو محاولة تصحيح خلل وراثي في طفل ستعود على المجتمع بالنفع أو الضرر.



الفرد نوبل (١٨٣٣-١٨٩٦)

## مُتوبات شخصية

كثيرٌ من الناس يتخذون العلم مهنة لأنّهم يُقدّمون لهم تحدّيًا مثيرًا. فتحقيق اكتشاف علمي بارز قد يجلب معه الشهرة العالمية والثروة والجوائز المهمة كجائزة نوبل.



لويس باستير (١٨٢٢-١٨٩٥) مُكتشف لقاح لداء الكلب.

## فريقُ البحوث

الاختبارات العلمية الحديثة بالغّة التعقيد، لذا تجدُ مجموعة الباحثين يعملون كفريق. كلُّ عضو منهم يُسهم بمعارفه ومهاراته الخاصة لإنجاح العمل. بعضُ العلماء يُنظّمون عمل الفريق ويراقبون أجهزة الاختبارات.

## أين يعمل العلماء؟

نُصوّرُ وتنصّر عادةً أنّ العلماء يعملون في مُختبرات، لكنّ الكثير من الدراسات العلمية ينبغي إجراؤها خارج المختبرات. فعلم البيئة (دراسة النباتات والحيوانات في بيئاتها الطبيعية)، وعلم الأرصاد الجوية (دراسة الطقس)، والبستنة (علم تطوير وتحسين المحاصيل الزراعية) كلّها مجالات علمية تتطلب تجارب على الطبيعة خارج المختبرات.



تقيس هذه العالمة سرعة الفخيل الضوئي في حقله لإنتاج الزيت من برر الشلجم.

عالِمٌ يجري تجارب في الهندسة الوراثية.

## الحواسيب

كثيراً ما تستخدم التجارب العلمية الحواسيب لإجراء الحسابات الرياضية الطويلة المُعقّدة بسرعة ودقّة. ويمتدور هذه الحواسيب أيضاً تخزين وتنظيم مجموعات ضخمة من الحقائق والمعلومات.



## الأجهزة والمُعَدات العلمية

تحمّل المناطق المملوءة بالهليوم أجهزة القياس إلى الجوّ لجمع المعلومات عن درجات الحرارة والضغط وسرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة.



## الاختبارات العلمية

إجراء التجارب أساسي وضروري لازدهار العلم. فباختبارهم نتائج تغيير بسيط في العالم الطبيعي، يستطيع العلماء الحصول على معلومات وأفكار عن أسرار الطبيعة. وباختبارهم النظريات المختلفة ومقارنتها، يستطيعون اختيار أفضلها لتعليل أحداث الكون من حولهم وتطوير مُعدّات وكِماويّات وتقنيات جديدة فعّالة.

### الملاحظة

بعض الاكتشافات المهمة - كاختراع البطاريات الكهربائية الذي بدأ في القرن الثامن عشر بتجارِب على الضفادع - هي نتيجة لملاحظات العلماء حول حدثٍ غير عادي وإدراكهم لأهميته ودلالاته.

إنجاء الضوء

المتبع من أحد النجوم بفعل جاذبية الشمس.



اليساندرو فولتا وبطاريته البدائية، ١٧٩٩.

### التجارب

لا سبيل للتأكد من صحّة الأفكار الجديدة وصدق فاعليتها إلا بالتجربة. فقد اختبرت نظرية النسبية لألبرت أينشتاين خلال كُسوف للشمس لرؤية ما إذا كان الضوء من نجم بعيد يتحني، كما تقول النظرية - فكان أن انحنى فعلاً. كذلك جرّب لويس باستير لقاح ذاء الكلب على صبي كان قد عضه كلب. كما يُصمّم العلماء أيضًا تجارب لبيان أي من نظريتين مُنافستين أفضل لتفسير ظاهرة طبيعية مُعيّنة.



### تجميع المعلومات

بعبارة ودقة بالغتين، يقوم العلماء بتجميع المعلومات التفصيلية عن كل شيء في العالم من حولهم ويتبادلونها. فالنظريات العلمية تعتمد على تفسير وتعليل هذه المجموعة الهائلة من المُعطيات. وقد أسهمت المنظومات الحاسوبية في جعل تجميع هذه المعلومات وتحليلها أكثر فعالية.



### التقصّي والاستكشاف

سواء أكانوا يتقصّون تأثيرات عقارٍ جديد، أم البنية الباطنية للذرة، أم حياة دلفين، أم طبيعة الشمس، فالعلماء يُجرون التجارب لاستقصاء طبيعة الأشياء.

### البرهنة العملية

قد تكون الاختبارات مُفيدة في إقناع الناس بصحة إحدى النظريات العلمية. ففي تجربة خطيرة مُثيرة صُممت لبرهنة أن التفريغ البرقّي هو شكل من الكهرباء، طيّر بنجامين فرانكلين (١٧٠٦-١٧٩٠) طائرة ورقية أثناء عاصفة رعدية لجذب الكهرباء من الجوّ.



## التقنيّات والأساليب العلمية

تُنفذ جميع الأعمال العلمية بطرق مُنسقة ومنهجية. وقد طوّر العلماء أساليب متنوعة لمعالجة أنماط المعلومات المختلفة.

### التصنيف

يُصنّف العلماء الأشياء لإبراز عنصر النظامية في الطبيعة. فقد نظمت النباتات والحيوانات في أجناس وفصائل. وفي مجال الكيمياء، يُرتّب الجدول الدوري العناصر في مجموعات دورية تُبين العلاقات فيما بينها.

### القياس

للقياسات الدقيقة دور حاسم في مجالات العلم والهندسة الحديثة. لذا كان على العلماء إيجاد الوسائل والطرق لقياس المسافات الهائلة العظم، كالتي بين النجوم، بالعناية والدقة إياهما اللتين يقسمون بهما حجم الخلايا البيولوجية والأبعاد المتناهية الصغر للذرات والجزيئات.



مُعقّدة التركيب تُطلق في الفضاء.

### المُعدّات

الأجهزة المتطورة تُمكن العلماء من معالجة دواخل الذرات المتناهية الصغر كما المجرّات المتناهية البعد، ومن اكتشاف خفايا الطبيعة الخبيّة وأسرارها.



يُستخدم الميكروسكوب الإلكتروني في دراسة الخلايا المجهرية.

## النماذج والنظريات

كما تُستخدم الكرات الجغرافية كنماذج مُصغّرة للأرض، هكذا يُطوّر العلماء النظريات، ويضعون القوانين الطبيعية، ويرسمون النماذج الرياضية لبيان نظام الكون وتعليله.

### النظريات

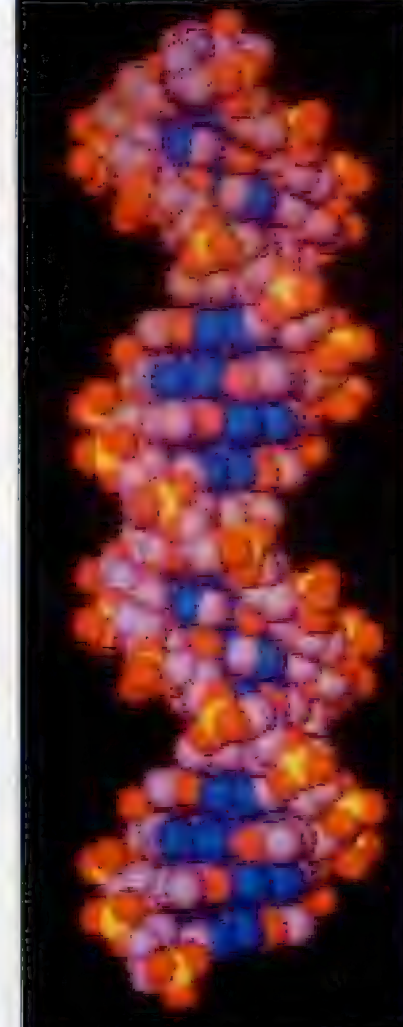
يستهدف العلماء في ما يضعونه من نظريات ليس فقط تعليل المعلومات المجمّعة بنجاح، بل شرح علاقة الأحداث المختلفة بعضها مع بعض والتنبؤ بنتائج اختبارات وأحداث مُستقبلية.

### النماذج الرياضية

قانون الجاذبية الشهير لاسحق نيوتن هو نموذج رياضي يُعلّل تماسك الكون بعضه مع بعض.



إسحق نيوتن (١٦٤٣-١٧٢٧)



رسم نموذجي حاسوبي يُبين البنية المزدوجة اللولبية لجزيء د ن أ. النماذج الطبيعية اللولبية المزدوجة هو نموذج طبيعي لبنية جزيء د ن أ، المركب الكيماوي المسؤول عن خفايا الوراثة.



# إشارات ورؤوس السلامة

نُصادفُ في حياتنا اليومية أشياء وموادَّ خطيرة أو سامة، لكن ليس من السهل دومًا التنبُّه إليها. فللمساعدة في التعرف على أمثال هذه المواد وتجنُّب أخطارها، وُضِعَتْ رؤوس وإشارات السلامة. وتألَّفَ هذه من صُورٍ وكلماتٍ تحذيرية تُنبِّه إلى مَكانِ الخطر. وإنَّه لَوْنُ الضروريِّ لك تعرُّف هذه الإشارات والرموز والتقيُّدُ بمُضامينها من أجل المحافظة على صحتك وسلامتك.

## في المُختبر المدرسي

العناية الفائقة والانتباه الشديد ضروريان عند إجراء أية تجربة في المُختبر، فبعض الكيماويات سامَّة، وإحماؤها بعضها الآخر، فوق حارُّوق «بُزْنَ»، قد يكون خطيرًا إذا لم تُراعَ الإجراءات الصحيحة. كما إنَّ العديد من المواد المخبرية ذو رائحة حادة نفاذة، قد تُسبب أعراضًا غير حميدة إذا ما استنشقت.

ضع نظارات واقية دوماً، واحترس من الثياب الفضفاضة. (وللفتيات، أشكلي شعركِ الطويل إلى الخواصر).



## في البيت

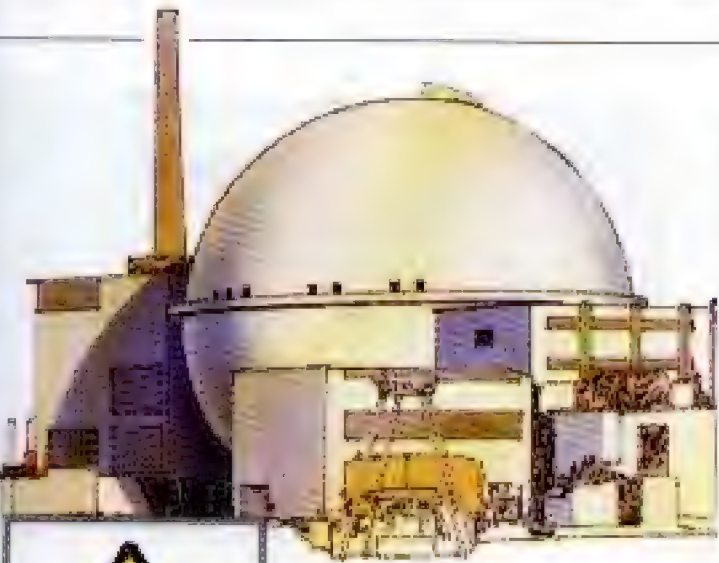
العديد من المنظفات المُستخدمة في المنازل تحمل تنبيهات ورؤوساً تحذِّر من سُمِّيَّتها إذا ابتُلِعت أو استنشقت أو تُركت تلامس الجلد فترة طويلة. عليك دومًا أن تغسل يديك بعد استخدام المواد الكيماوية، ولعلَّه من الضروري أحياناً ارتداء لباسٍ واقٍ.



إشترشد دوماً برأي من هو أكبر منك سناً قبل استعمال أي مادة في البيت. إنَّ الموانع المُنظفة بِخاصة قد تكون شديدة السُمِّيَّة.

## في الشارع

وأنت تسيرُ في الشارع، انتبه إلى رموز وإشارات السلامة. إنَّ مواقع الإنشآت ومحطات المحروقات بِخاصة قد تكون خطيرة. رؤوس وإشارات السلامة تساعدك في تجنُّب المخاطر.



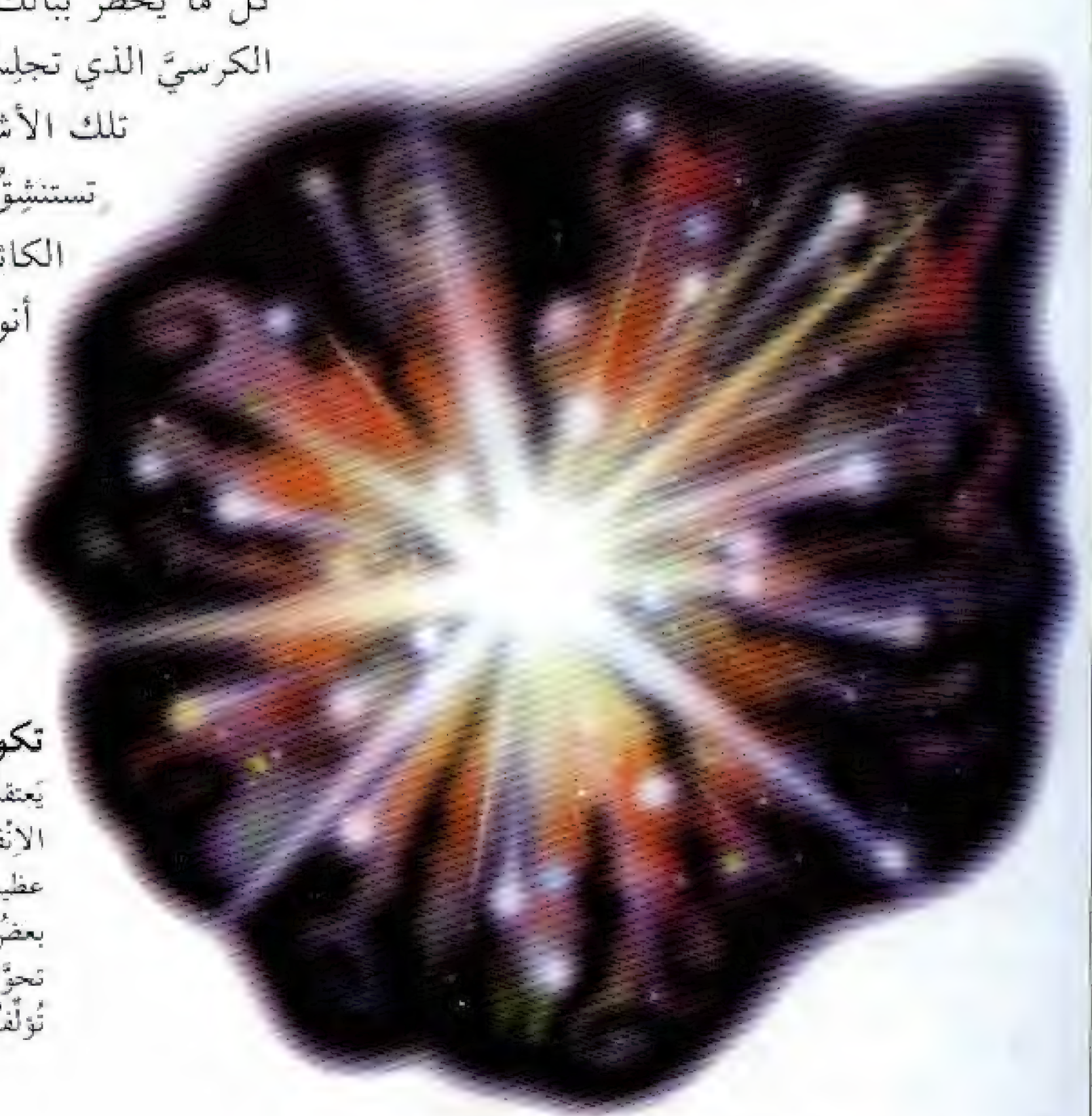
يحظرُ القانونُ على المشاة عبورَ بعض الطُرُق المخصَّصة للسرَّعات العالية.





# المادة

كُلُّ ما يخطرُ ببالك يتألفُ من المادة - إن كان الكتاب الذي تقرأه، أو الكرسي الذي تجلسُ عليه، أو الماء الذي تشربه. غير أن المادة ليست فقط تلك الأشياء التي تستطيع لمسها، فهي أيضًا تشملُ الهواء الذي تستنشقُ والكواكب والنجوم في فضاء الكون الرحيب، كما كُلُّ الكائنات من حيوان ونبات وجماد. تتألفُ المادة بمُختلف أنواعها وأشكالها من جسيمات دقيقة تدعى ذرات؛ وهذه تتألفُ بدورها من جسيمات دون الذرية أصغر بكثير من الذرات. علّمُ الكيمياء يدرُس تركيب المادة، وكيفية ترابط الذرات بعضها مع بعض لتكوّن المواد المختلفة.



## تكوين المادة

يعتقدُ معظمُ العلماء أن كُلَّ مادة الكون تكوّنت بانفجار هو الانفجار العظيم (إلى اليمين)، عَقِبَ حرارة و طاقة عظيمتان جدًا. وبعد ثوانٍ معدودات تحوّلَت بعضُ حُرْم الطاقة إلى جسيمات دقيقة، ثُمَّ تحوّلَت الجسيمات الدقيقة إلى ذرات. تُولفُ الكون الذي نعيشُ فيه.



## المادة الحية

الأرض هي موطن الكثير من الكائنات الحية من نباتات وحيوانات على اختلاف أنواعها. ورُغم أن الفراشة، مثلاً، تبدو مختلفة جدًا عن الصخر، فإن كليهما يتألف من ذرات، لكن هذه الذرات ترتبط بشكل مختلف لتكوّن الشيء الآخر.



## المادة الجماد

معظمُ المواد في الكون جماد، لا نبات ولا حيوان، أي إنها لا تنمو ولا تتوالد ولا تتحرك ذاتيًا. والصخور، مكوّنة الأرض التي نعيش عليها، هي من الجماد.

## جسيمات المادة

يستخدمُ العلماء حُجرة الفقاعات لتعيين أنواع الجسيمات دون الذرية. حُجرة الفقاعات تحوي هيدروجينًا سائلًا على درجة حرارة تقارب درجة غليانه. فالجسيمات المارة عبر الهيدروجين السائل تسببُ غليانه تاركةً في إثرها رتلاً من الفقاعات. ومع أن الجسيمات نفسها لا تُرى، فالمسالك الفقاعية التي تتركها وراءها يمكنُ رؤيتها بيسر؛ وهي مختلفة النمط لكل نوع من الجسيمات.



## مؤسسو علم الكيمياء

يُعتبرُ الكيميائي الفرنسي، أنطوان لافوازييه (1743-1794) مؤسس الكيمياء الحديثة. فقد بين لافوازييه باختباره الدقيقة أن المواد المُحتَرقة أثقل وزناً منها قبل الاحتراق (وأن هذه الزيادة يمكنُ إزالتها باختزال المادة بالفحم النباتي)، واستنتج أن ذلك عائد إلى اكتساب المادة المُحتَرقة غازًا من الهواء (تُطلقه عند اختزالها) أسماء الأكسجين. وقد عملت ماري لافوازييه (1758-1836) على ترجمة أعمال زوجها، وقامت بحملات منظمة لترويجها.

## أصول علم الكيمياء

منذ مئات السنين، وقبل أن يتعرّف أحد الذرات، كان الكيميائيون، الكيماويون القدماء، يقومون ببعض التجارب لتعرّف ماهية المواد وتراكيبها. وقد حاولوا عبثًا تحويل بعض الفلزّات الحسيسة كالرصاص إلى ذهب، كما بحثوا، وعبثًا أيضًا، عن إكسير الحياة، الدواء الذي في رُغمهم، يُكسبُ الإنسان شبابًا دائمًا. وكان من بين الكيميائيين كثير من النساء، كما يشهد بذلك الاسم اللاتيني للكيمياء «أوپيس فليپروم» الذي ترجمته «شغل النساء».

هذه صفحة من مخطوطة عربية من القرن الرابع عشر.



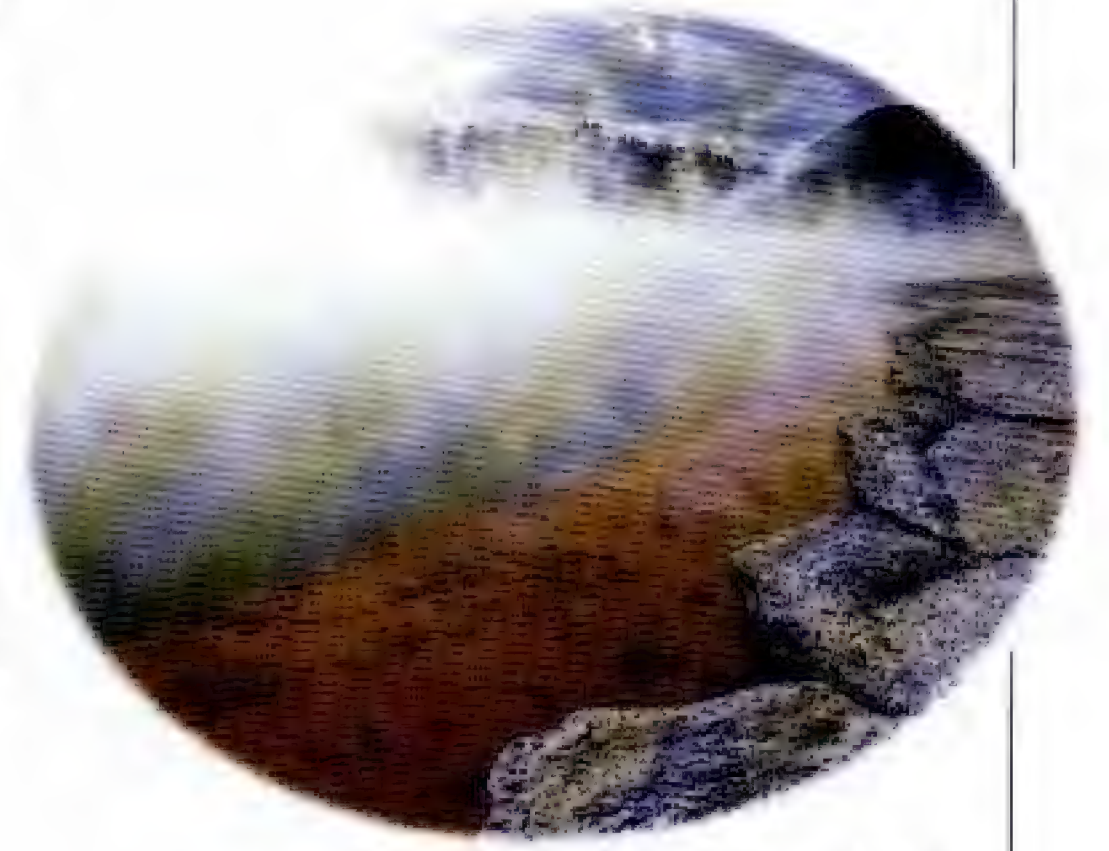
كيميائيون في أثناء العمل.





# حالات المادة

الجبال والبحار والهواء الذي يكتنفها تمثل الحالات الطبيعية الثلاث للمادة. فالجبل يتألف من صخر جامد، والبحيرة تتألف من سائل هو الماء، والهواء الذي نستنشق غازي القوام. معظم الجوامد صلبة ذات شكل وحجم محددين - رغم أن بعضها كالمطاط ذو شكل يمكن تغييره. والسوائل ذات حجم محدد أيضا، لكن لا شكل ثابت لها وهي سيالة. أما الغازات فليس لها حجم ولا شكل محددين، وهي أيضا سيالة، ومعظمها عديم اللون لا يرى. وتدعى السوائل والغازات مجتمعة بالموائع لأنها تسيل أو تنساب. ويختلف سلوك الحالات الثلاث للمادة لأن جسيماتها تتحرك بأشكال مختلفة.



## الحالات الثلاث

الصورة أعلاه للينابيع الحارة في ويوتا، بنوزيلندا، تُبين الحالات الثلاث للمادة في موقع واحد. فالصخر جامد، والماء سائل، والبخار المتصاعد غاز.

## السوائل

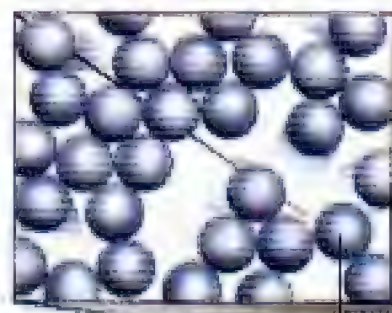
عندما تُصب شرابا في كوب، فالسائل يتخذ شكل الكوب مهما كان. أما إذا اندلق السائل فإن شكله يتغير. وإذا صببت السائل في وعاء آخر، فسيغير شكل السائل أيضا، لكن حجمه يبقى ثابتا.

## الغازات

تنتشر الغازات لتُملأ الحيز الذي تتواجد فيه لأن جسيماتها سريعة الحركة. لذا فالغاز ليس له حجم أو شكل معين بل هو يتخذ شكل الوعاء المتواجد فيه. فهذا البالون، الببغاوي الشكل مثلا، ممتلئ بغاز الهليوم. والأشياء تمر عبر الغاز بسهولة لأن جسيماته بعيدة بعضها عن بعض. ألسنا نمشي عبر الهواء دون أن نشعر بشيء؟



جسيمات الغازات متباعدة جدا وتتحرك بسرعة كبيرة. أما تأثير بعضها على البعض الآخر فضعيف جدا.



جسيمات السوائل تتجاذب فيما بينها وتتلاصق معا في حزم تنزلق بعضها فوق بعض وتتحرك بخرية.



## الجوامد

الجوامد، كالكتب مثلا، لها شكل معين؛ وليس من السهولة تغيير ذلك الشكل، لأن جسيمات الجسم الجامد مترابطة بعضها مع بعض بروابط قوية تجعل بنية الجوامد بنية صلبة.



جسيمات الجوامد مترابطة معا، وهي تتجاذب فيما بينها بقوة كبيرة تمنعها من التحرك بخرية. فجسيمات الجوامد تهتز (تذبذب) في مواقعها فقط.

## البلازما

هنالك حالة رابعة للمادة تدعى البلازما، لكنها غالبا لا تُشاهد. فهي تتواجد فقط على درجات الحرارة العالية جدا داخل الشمس والنجوم الأخرى، أو فوق الأرض على ضغوط خفيفة. تتألف البلازما من ذرات مُشحونة بفعل الحرارة أو الكهربائية الهائلة الشدة. تحوي الكرة، في الصورة المقابلة، إلكترونات مركزيا مُحاطا بالبلازما. فإذا لمسّت سطحها، تقفز ومضات من مركز الكرة إلى يدك، مُنتقلة عبر مسالك في البلازما تكونها الذرات المُشحونة.



الجسيمات الناتجة عن الذرات المُشحونة تدعى أيونات والإلكترونات.



## حالات المادة في خدمتنا

الجوامد والسوائل والغازات حوالينا في كل شيء، وتخدمنا في عدة مجالات. في دراجتك، مثلاً، ترى حالات المادة الثلاث تعمل متكاملة بانسجام. فالعديد من أجزاء الدراجة مصنوع من الجوامد، حتى مقاطع عجلتها - رغم أنه مرون يتغير شكله على مقطبات الطريق؛ والهواء المضغوط يملأ العجلتين؛ والزيت سائل لا بد منه على سلسلة الدراجة وأجزاءها المتحركة كافة.

## الجوامد في خدمتنا

هيكل الدراجة جاس صلب، وإطارا العجلتين وبرامقهما صلبة متينة. فجسود الهيكل أساس لينة الدراجة وتماشكها. وفولاذ الإطارين والبرامق الصلب يحفظ دقة استدارة العجلتين؛ وهذه الدقة ضرورية ومطلوبة لسلاسة وسلامة الدروج.

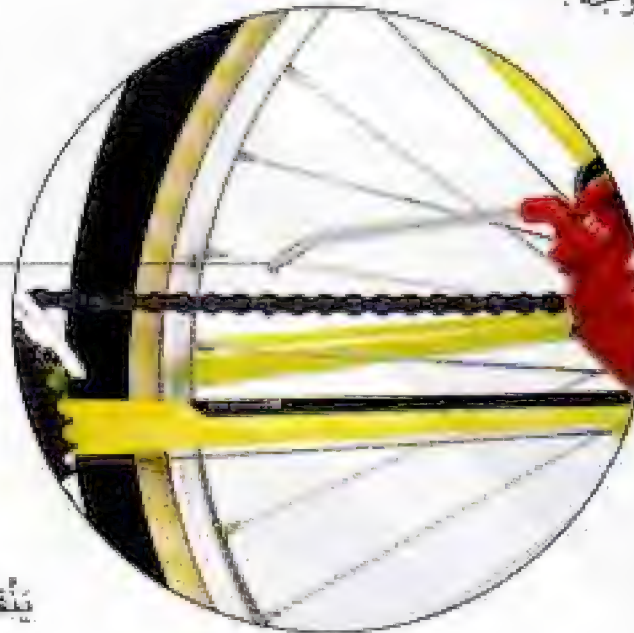


## السوائل في خدمتنا

السوائل كلها سائلة، وبعضها أكثر سيولة من البعض الآخر. لزوجة السائل مقياس يحدد سرعة أو بطء سيولته. فالماء ينساب بسهولة لأنه قليل اللزوجة، أما الزيوت فتساب ببطء لأنها أشد لزوجة. وتستخدم السوائل اللزجة، كالزيت، بين الأجزاء المعدنية المتحركة لتقليل الاحتكاك فيما بينها، ويعرف هذا بالتزيق.

يمكنك  
تقليل حجم الغاز بخشره  
في خبز أصغر. كما يمكنك خشر  
كميات متزايدة من الغاز في الخبز نفسه.  
وهو ما يحدث عندما تنفخ عجلة الدراجة.

الزيت على سلسلة  
الدراجة يزلق الأجزاء  
المتحركة ويقيها من البلى  
السريع بالثحات.



## الغازات في خدمتنا

بخلافًا للجوامد والسوائل، فالغازات لا حجم ثابت لها، أي إنك تستطيع ضغط الغاز أو تقليل حجمه. والغازات ضغوطة (تنضغط) لتواجد فراغات جمة بين جسيماتها. فإذا مر دولاب دراجة فوق مطب أو ارتطم بجسم صلب، ينضغط الهواء داخله فتتخذ رجة الصدمة، ويخف إحساس راكب الدراجة بها.

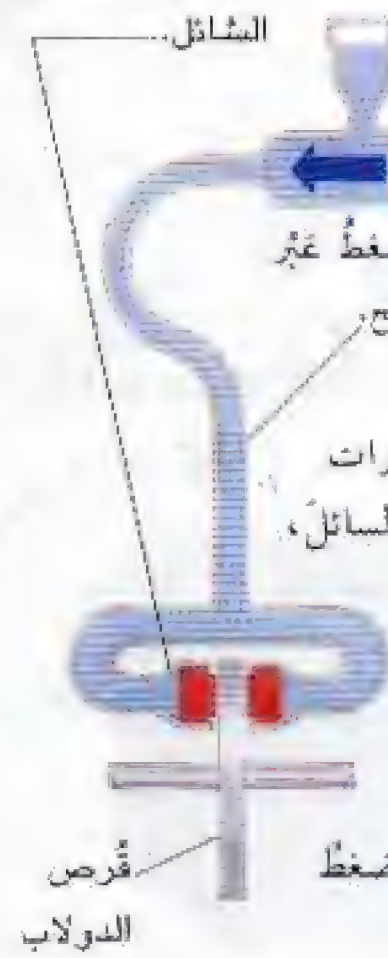
تشد لينة المكبح  
على جانبي قرص  
الدولاب بضغط  
السائل.

يقل الكباس  
الضغط من دغسة  
المكبح.

تضغط دغسة  
المكبح.

## المكايح الهيدروليكية

تستخدم السوائل في المكايح القديمة في السيارات لأنها لا تنضغط بسهولة. أي إنك إذا ضغطت السائل، فالقوة المبدولة تنتقل كاملة غيره. فعندما يضغط السائق دغسة المكبح، يتقل الضغط عبر الكباس إلى السائل في أنابيب المكبح. وهذا يجعل اللينات تقبض قرص الدولاب بشدة، فتتوقف الدواليب على الدور. ويعرف ضغط السائل هذا بالضغط الهيدروليكي.



الطياريات حشرات خفيفة جدًا تسير فوق الماء بفعل التوتر السطحي - شحونة باقدامها  
نقرا صغيرة على السطح فقط.



## التوتر السطحي

تجاذب جسيمات الماء فيما بينها - فيشد بعضها نحو بعضها الآخر بالتساوي في جميع الاتجاهات. غير أن الشد على جسيمات السطح بالاتجاه السفلي أريد إذ لا وجود لجسيمات ماء فوقها. نشد في الاتجاه المعاكس فيبدو السطح التوتر كغشاء رقيق مفلوط. وهذا يمكن سطح الماء من حمل الحشرات الخفيفة السائرة فوقه.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- خصائص المادة ص ٢٢
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- النظرية الحركية ص ٥٠
- سلوك الغازات ص ٥١
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الشمس ص ٢٨٤



# تغيرات الحالة



إذا تُقَلِّبُ زيتاً ساخناً بملعقة لدائنية فإنّ الملعقة تنصهر. فاللدائن جامدة على درجة الحرارة والضغط العاديين. لكن بتغيير الظروف تتغيّر حالتها كسائر الجوامد. كذلك إذا وضعت عصير البرتقال في المُجمّدة، وهو سائل في الظروف العادية، فإنه يجمد. وإذا زفرت على لوح زجاج بارد، فإنّ بخار الماء (الذي هو غاز عادة) في زفيرك سيتكثف إلى قطرات من السائل. وإذا شعت الشمس على تلك القطرات، فإن حرارة أشعتها تُعيد القطرات ثانية إلى غاز يتبخر في الهواء مُجدداً. والواقع أنّه حتّى أصلب الصخور تنصهر على درجات الحرارة والضغط العالية جداً المُتواجدة تحت القشرة الأرضية. إنّ معظم المواد التي نعرفها تتحوّل من حالة إلى حالة أخرى عند تغيير درجة الحرارة والضغط بقدر مُعيّن.

## من جامد إلى غاز

إذا أُحميت جامداً حتّى درجة الانصهار، فإنه يتحوّل إلى سائل. وإذا ناهتت الاحماء فإنّ السائل يبلغ درجة يبدأ عندها بالتحوّل إلى غاز، وهذه هي درجة الغليان. على هذه الدرجة، تكسب جسيمات السائل من الاحماء المستمر، طاقة كافية ليتحرّر بعضها من بعض، فتتكوّن في السائل فقاعات من الغاز. لكن نذكر أنّ السوائل تتحوّل دوماً إلى غاز ببطء حتّى على درجات حرارة دون درجة الغليان، وهذا يُدعى التبخر.



## التكثف

تتجمّع قطرات من الماء على كوب زجاجي بارد لأنّ جسيمات بخار الماء في الهواء المُماسّ للكوب تتحوّل إلى ماء. الرّجّاج البارد يترع طاقة من الجسيمات فيحوّلها إلى سائل.

## التبخر

يجفّ الجير السائل لأنّ الماء فيه يتحوّل إلى بخار ويتصاعد في الهواء. ويتم هذا لأن بعض جسيمات الماء تكسب ما يكفي من الطاقة للإفلات مُتحوّلة إلى غاز.

## الغاز

تتسارع جسيمات الجامد بالقدر الكافي لتقلّبت مُتحوّلة إلى غاز. أو تتناقص سرعة جسيمات الغاز لتتحوّل إلى جامد.

تتذبذب جسيمات الجامد بسرعة أكثر فيتسبب بعضها فوق بعض لتكوّن السائل. أو تتناقص سرعة حرّم الجسيمات في السائل فتتحوّل إلى جامد.



## التصعيد

أحياناً يتحوّل الجامد إلى غاز مباشرة، وهذا يُعرف بالتصعيد. الجليد الجاف يتصعد مباشرة إلى غاز، لذا يُستخدم على خشية المشرح لتوليد سحب مُستعريّة مُثيرة. إنّ الجليد الجاف هو في الحقيقة ثاني أكسيد الكربون المُجمّد؛ ويُدعى الجاف لأنّه يتحوّل إلى غاز مباشرة مُتجاوزاً حالة السيولة.

## الجامد

## السائل

## التجمّد

يتجمّد الشمع المُنتظر من شمعة مُضاءة بسرعة. وذلك لأنّ الجسيمات، التي تسارعت وسالت بحرارة اللهب، تتناقص سرعتها مُجدداً عند زوال الحرارة فتتراص فيما بينها. وعندما تقلّ سرعتها بقدر كافٍ، تثبت في مواقعها وتجمّد.



## الانصهار

جسيمات الجامد مُتراسة معاً بقوة؛ لكنّها عند الإحماء تزايد ذبذبتها أكثر فأكثر حتّى تقلّت من مواقعها الثابتة وينساب بعضها فوق بعض مُتحوّلة إلى سائل. مثل هذا يحدث عند انصهار قطعة من الشوكولاته.



## حالات الماء

الماء فريد في كثرة تواجده بالحالات الثلاث للمادة في حياتنا اليومية. فهو في حالة الجمود ثلج أو جليد، وفي حال السيولة ماء، وفي الحالة الغازية بخار. وخصائص الماء في حالاته الثلاث هذه مهمة لكل شيء على الأرض؛ فالنباتات والحيوانات، مثلاً، تحتاج الماء باستمرار من أجل بقائها.



معظم المواد أعلى كثافة في حالة الجمود منها في حالة السيولة. لكن الجليد أخف من الماء، فيطفو فوقه.

### دورة الماء في الطبيعة

الماء (السائل) يتبخر، والثلج (الجامد) يتصعد، في الهواء. وبُخار الماء يتكثف إلى قطرات مكوّنة السحب في الجو؛ ثم تسقط القطرات عائدة إلى الأرض ممطرة أو ثلجاً - في دورة متوالية دون انقطاع بالغ الأهمية لكل شيء على الأرض.

يتبخر مجل البحر بخار الماء مع الرّفق أثناء التنفس.

### بُخار الماء

في درجات الحرارة المرتفعة يتبخر الماء بسرعة. ففي الغابات الاستوائية مثلاً - جنوبي أمريكا - حيث المطر وفير غزير ودرجات الحرارة مرتفعة، التبخر سريع لا ينقطع؛ لذا فالهواء رطب جداً (مُشبع ببخار الماء). وهذا يُفسّر تواجده أنواع خاصة من النباتات، كالشجيرات (الأوركيدات)، في هذه الأصقاع تأخذ حاجتها من الرطوبة مباشرة من الهواء، لا من التربة.

الماء تحت الجليد أسخن من الهواء الخارجي، لذا يبقى عجل البحر والحيوانات الأخرى التي يقطن بها على قيد الحياة.



تتخفّض درجة التجمّد عند زيادة الضغط على الجليد بفعل وزن المترلج، فينصهر الجليد تحت شفرة المترلجة.

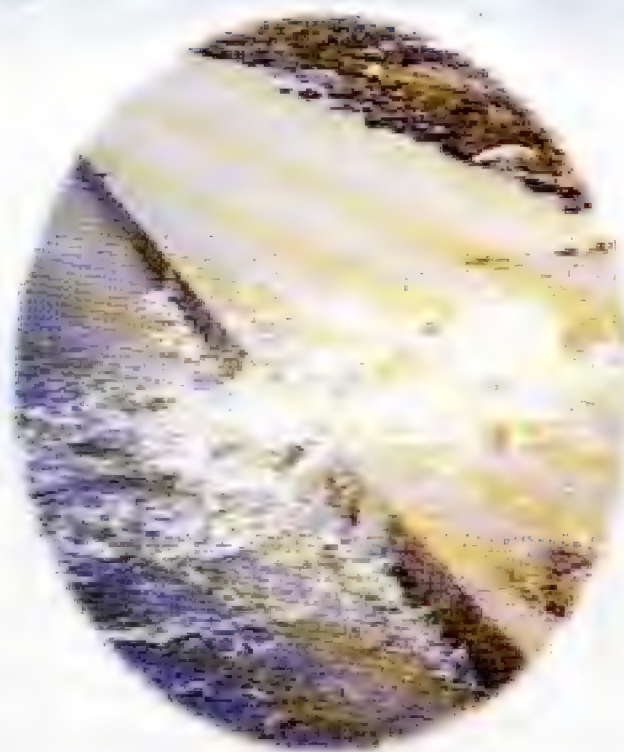
### التغيرات بالضغط

يمكن بالضغط تحويل المادة من حالة إلى أخرى. فالترلج على الجليد ممكن لأن المترلجين تنزلان على الجليد فوق طبقة رقيقة من الماء. إن ثقل المترلج المركّز على شفرة المترلجة يحدث ضغطاً عالياً جداً تحتها. وهذا الضغط يُسبب الجليد حال مرور (شفرة) المترلجة فوقه.

تضغط الشفرة على الجليد

ينصهر الجليد تحت الشفرة فتتزلق ينشر عليه.

يُعيد الجليد المكتنف تجمّد الماء خلف المترلجة.



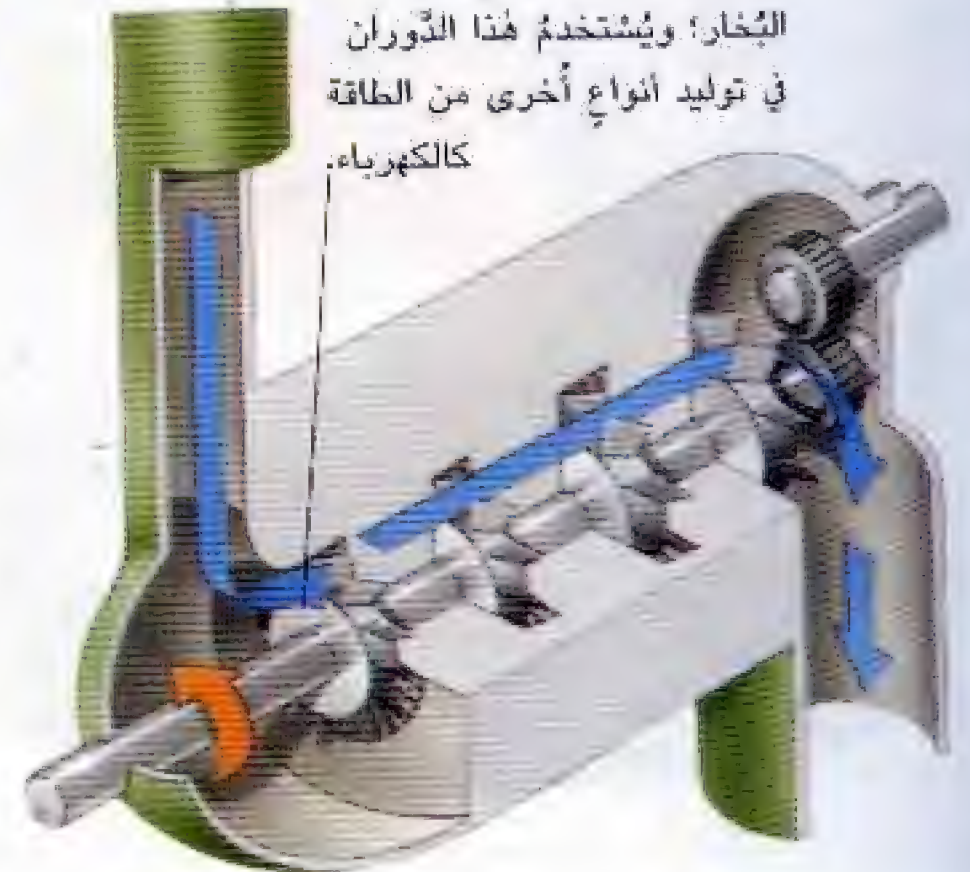
### الجليد المتمدّد

لعلك لاحظت (أو سمعت عن) تفجّر أنابيب المياه في طقس شديد البرودة. والسبب في ذلك أن الماء داخل الأنابيب يتمدّد خلال عملية التجمّد فيفجّرهما.

يندفع البخار الساخن إلى داخل التربين تحت الضغط.

القدرة البخارية يتحوّل الماء عند الغليان إلى بخار، فيشغل حجراً أكبر من حجم السائل الذي تولّد منه. ولما كان بخار الماء الساخن يزخر بالطاقة فإنّه يُستخدم في تدوير المحركات الحرارية كالتربينات البخارية. يندفع بخار الماء عبر أرياش التربينات على درجة حرارة وضغط عاليتين جداً، فيدير دواليبها.

تدار أرياش التربين بطاقة البخار؛ ويُستخدم هذا الدوران في توليد أنواع أخرى من الطاقة كالكهرباء.



### لزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- المحاليل ص ٦٠
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الماء - معالجته وصناعاته ص ٨٣
- تكوّن الأرض ص ٢١٠
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢



# خصائص المادة

يُصنَّع الكثير من أواني المطبخ كالكَفِّ والغلايات ذوات المقابض من الفولاذ واللدائن - الجسم من الفولاذ والمقبض لدائني. والسبب البسيط هو أن الفولاذ مُوصِّلٌ جيّد للحرارة، فيسمحُ بانتقالها إلى الماء كي يغلي أو إلى الطعام كي ينضج. أما اللدائن الجيدة العزل، فتمنعُ وصولَ الحرارة إلى أيدينا. فالعزلُ الجيّد أو المُوصِّلِيَّةُ الجيدة مثل على خاصة معينة من خصائص المادة. بعض هذه الخصائص، كالمُوصِّلِيَّة، يمكننا قياسه؛ أما بعضها الآخر، كالرائحة مثلاً، فبمقدورنا وصفه فقط. يقيسُ العلماءُ خصائص العديد من المواد المختلفة على درجة الحرارة والضغط العاديين كي يستطيعوا المقارنة فيما بينها بدقة.

باستطاعتك وصف  
البرقالة بتحديد لونها  
وشكلها، وملئسيها  
وراحتها ومذاقها.

## إدراك المادة بالحس

الناس في حياتهم اليومية لا يصفون الأشياء بالطريقة نفسها كما يفعل العلماء. فحين في الغالب نعلم على حواسنا أكثر من اعتمادنا على القياس بالأجهزة. لكن حواس البشر ليست متوافقة ولا مُنسجمة؛ كما إنها تعجز عن قياس شدة الرائحة المنبعثة من شيء، كما عن تحديد نوع مذاقه بدقة. وقد يدرك بعض الناس الأشياء بحسهم بشكل مختلف تماماً عن إدراك بعضهم الآخر لها.

## الوزن والكتلة والحجم

يمكنك قياس كمية الشيء بطريقتين: إما بواسطة حجمه أو بواسطة كتلته. فحين مثلاً، نشري البنزين بالحجم (باللتر أو بالغالون) - أي بكمية الحيز الذي يشغله. ولكننا نشري البطاطا بالكتلة (بالكيلوغرام أو بالرطل) - أي بكمية المادة في كيس البطاطا. إن حجم الشيء يمكن تغييره بالضغط أو بالحرارة، لكن كتلته تبقى ثابتة دون تغيير. أما وزن الجسم فهو مقدار القوة التي تشدُّ بها جاذبية الأرض، ويتوقف مقدار هذه القوة على كتلة الجسم.

## المقاومة (المتانة)

معظم الفلزات متينة ضد الشدّ لذا تُستخدم في بناء الانشاءات الضخمة، كالجسر المعلق في الصورة المقابلة. يُعلّق مبدد الجسر بكتلات فولاذية متينة تُضمدُ أمام ثقل الجسر وما يغير فوقه. وتُصنَّع الأعمدة التي تدعّمه من الخرسانة المسلحة التي تُضمدُ بقوتها ومقاومتها أمام كافة قوى الهضر المؤثرة على الجسر.

يُستخدم المِسْطِل (الهيدرومتر)

لقياس كثافة السوائل. يُغوص المِسْطِل في وعاء مليء بالسائل النقي، وتؤخذ قراءته

بمساواة سطح السائل. يطفو المِسْطِل عالياً في

سائل كثيف

ويغوص أكثر في سائل أقل

كثافة.

## الكثافة

للحجم نفسه من مواد

مختلفة كتل مختلفة، تبعاً

لكثافتها. وكثافة جسم ما هي

كتلة السنتيمتر المكعب منه

بالغرامات. أحياناً تُعطى كثافات

العوامد والسوائل والغازات كثافات

نسبية إلى الماء (أي كثافات نسبية).

ثقل مُكعَّب من

الرصاص يُساوي ثقل

مُكعَّب من الشَّمْع يفوقه

حجماً بـ ١٣ مرة، أو

ثقل قطعة من خَشَب البَلْسا حجماً أكبر ٥٦ مرة.

الغازات دوماً

تُرتفع كُفَّاعات إلى

سطح السائل لأن

كثافتها ضئيلة جداً، إن

الكثافة النسبية للهواء

هي ٠.٠١٢ فقط.

كحول مُمتلئ: كثافته النسبية ٠.٨

زيت اللّارة: كثافته النسبية ٠.٩

ماء: كثافته النسبية ١

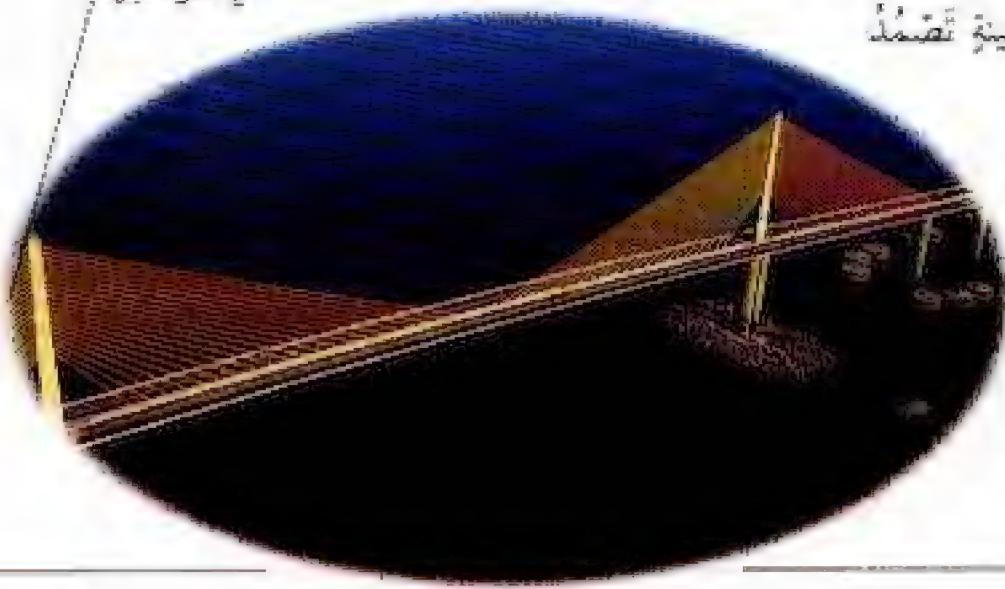
زئبق: كثافته النسبية ١٣.٦

رصاص: كثافته النسبية ١١.٣

وظيفة البرج هي تثبيت الكتلات في مواقعها.

شمع: كثافته النسبية ٠.٩

خشب البَلْسا: كثافته النسبية ٠.٢



## نجم نيوتروني

فلزُّ الأوزميوم هو أكثف مواد الأرض قاطبة. فهو أثقل من الرصاص بمرتين وأكثف من الماء بأكثر من ٢٢ مرة. غير أن أكثف مواد الكون هي مادة النجوم النيوترونية. فمقدار رأس دبوس فيها وزن مليون طن.

نجم نيوتروني

بقدار رأس دبوس من نجم نيوتروني

كثافة الماء (النسبية) تساوي ١. فالسوائل الأقل كثافة تطفو فوقه، والسوائل الأكثر كثافة تغوص تحته.



## اللدونة

إذا كُسَتْ بعض المواد، كالإستيسين (الطين اللدائي) أو المعجونة، بتغير شكلها ويبقى على تغيره، لذا تُدعى هذه المواد بالمواد اللدنية. هنالك أنواع مختلفة من اللدانة كالطروقة (قابلية التطريق) والمطيلية (قابلية المظلل). فالفلز طروق إذا استطعنا تطريقه صفائح رقيقة دون تكسر، ومطوّل (أو مطيل) إذا استطعنا سحب أسلاكاً دقيقة دون تقطع.

النحاس وبعض الفلزات الأخرى يمكن سحبها أسلاكاً أدق من الشعرة؛ فالنحاس إذن فلزٌ مطيل.



## توصيل الحرارة

الفلزات موصّلات جيّدة للحرارة بسبب بنيتها الذريّة. أمّا بعض المواد الأخرى، كاللدائن والخشب، فموصّلاتها الحرارية ضئيلة جداً أو معدومة، لذا فهي عازلات جيّدة تصلح لتغليف الموصّلات الحرارية. وللسبب نفسه تُصنّع مقابض الأواني المطبخيّة، كالغلايات والقُدور، من اللدائن.

الصانع لهذا يطرق طاساً من الفضة لصياغته بالشكل المطلوب، فالفضة إذن فلزٌ طروق.

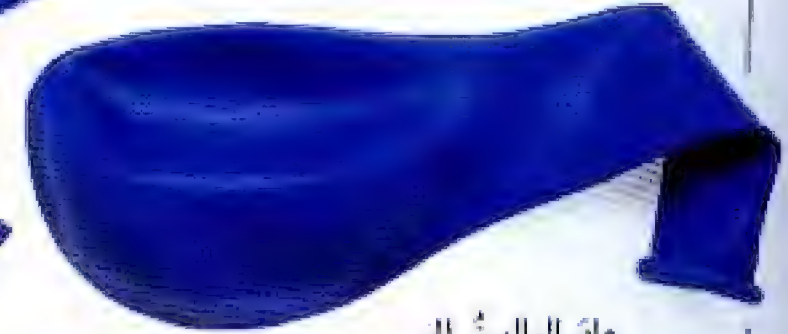
ينقل الماء الحرارة بالخلل، ومنه تنتقل الحرارة إلى الملعقة المعدنية بسرعة.

## المرونة

للمقاط خاصيّة لافتة؛ فهو يمتدّ بالشّد وينكمش عائداً إلى حجمه الأصلي عند زوال القوّة المؤثرة. هذه الخاصيّة تُدعى المرونة. إنّ معظم المواد، حتّى الفلزات مرنة. وللمرونة بعض المواد حدّ، يُدعى حدّ المرونة، لا تتعدى المادة شكلها وحجمها الأصليين إذا ما تحطّمت.

امشط

البالون المرن إلى الحد الأقصى



عاد البالون إلى شكله الأصلي بعد المط.

بعض المواد ذوّابت أكثر من بعضها الآخر. فالطباشير بالكاد تذوب في الماء، أمّا الشكّر فيذوب بسهولة حتّى في الماء البارد.

الشكّر في الماء البارد

الطباشير في الماء البارد



## القَصَافَة

المقاط مرن في درجات الحرارة العادية. أمّا هذا البالون الذي جرى غمسُه في النيتروجين السائل (على درجة حرارة - 196°س) فقد أصبح قصيفاً يفتت قطعاً عند طرقه بمطرقة. بعض المواد، كالزجاج، قصفت على درجات الحرارة العادية، وبعضها الآخر، كالطين، لَدُنْ عادية، لكن يُصبح قصيفاً بعد الشّي في أتون أو فرن.

الطباشير ليس ذوّابتاً حتّى في الماء الساخن. أمّا الشكّر فتزداد ذوبانيّته في الماء الساخن. كلما ازدادت سخونة الماء تزداد ذوبانيّة الشكّر.

الطباشير في الماء الساخن

نقطة الغليان: عندها يتحوّل السائل إلى بخار، أو يتكثّف البخار إلى سائل؛ وهي دوماً أعلى من نقطة الانصهار.

الشكّر في الماء الساخن



نقطة الانصهار (أو التجمّد): عندها يذوب الجامد مُتحوّلاً إلى سائل، أو يتجمّد السائل مُتحوّلاً إلى جامد.

## الذوبانيّة

كثير من الجوامد والسوائل والغازات يذوب في الماء، أو في سوائل أخرى، ليُكوّن محاليل، فنقول إنّها ذوّبة أو ذوّابة؛ فالشكّر يذوب في الشاي، والملح يذوب في الماء. المادة التي تذوب تُسمّى المُذاب، والسائل الذي تذوب فيه يُدعى المُذيب. والماء غالباً ما يُدعى المُذيب العام لأنّ موادّ كثيرة جداً تذوب فيه. خاصيّة الماء هذه أساسيّة للحياة، لأنّ الماء يطوّف حاملاً المواد المُذابة في دم الحيوان كما في نَسج النبات. والحيوانات التي تعيش في الماء تحصل على الأكسجين اللازم لحياتها من المُذاب منه في الماء.

إذا وضعت شمعاً على طرف ملعقة فلزيّة وعلى طرف ملعقة لدائيّة مغموستين في ماء ساخن، فالشمع على طرف الملعقة الفلزيّة يبدأ بالانصهار أوّلاً.



## توصيل الكهرباء

تسري الكهرباء عبر الفلزات بسرعة، لذا فهي موصّلات جيّدة للكهرباء. والسبب في ذلك عائد إلى وجود إلكترونات طليقة الحركة على ذرات الفلزات. أمّا اللدائن والزجاج والخشب ومعظم الجوامد الأخرى، عدا الكربون، فهي موصّلات رديئة، أو عازلة، للكهرباء. ولذا تستخدم اللدائن لتغليف الموصّلات الكهربائيّة كاسلاك الكبول.



أسلاك نحاسيّة تُغلف الأسلاك النحاسيّة بالكامل بمادّة لدائيّة.

## نقطة (أو درجتا)

### الانصهار والغليان

كلّ مادة نقيّة لها نقطتا انصهار وغليان ثابتتان على الضغط الجويّ العاديّ. أمّا إذا كانت المادة مشوبة فإنّ نقطتي الانصهار والغليان تتغيران. فالملح على الجليد يُخفّض نقطة انصهاره فيتحوّل الجليد إلى ماء. وما لم يشدّ القفص برّداً فلن يعود الماء الصهير إلى التجمّد.

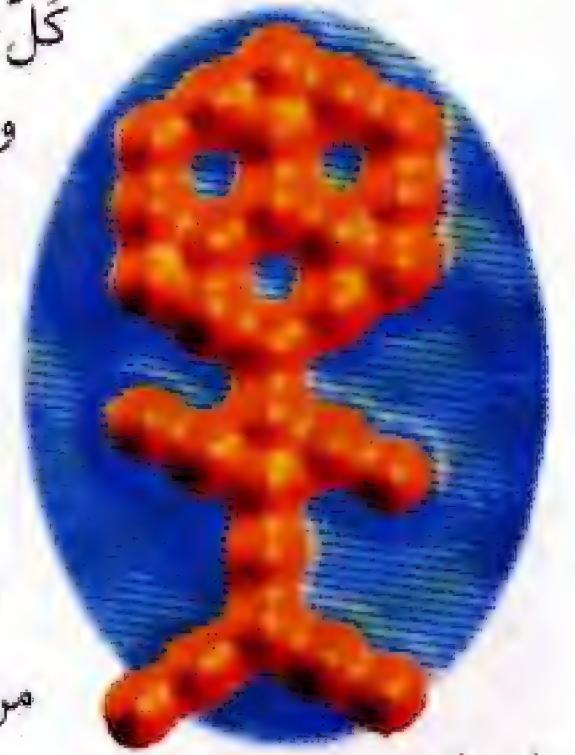
### لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذريّة ص ٢٤
- الفلزات الانقيّة ص ٣٦
- الكربون ص ٤٠
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- الظفر والعطس ص ١٢٩
- الكهرباء النّيّارة ص ١٤٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



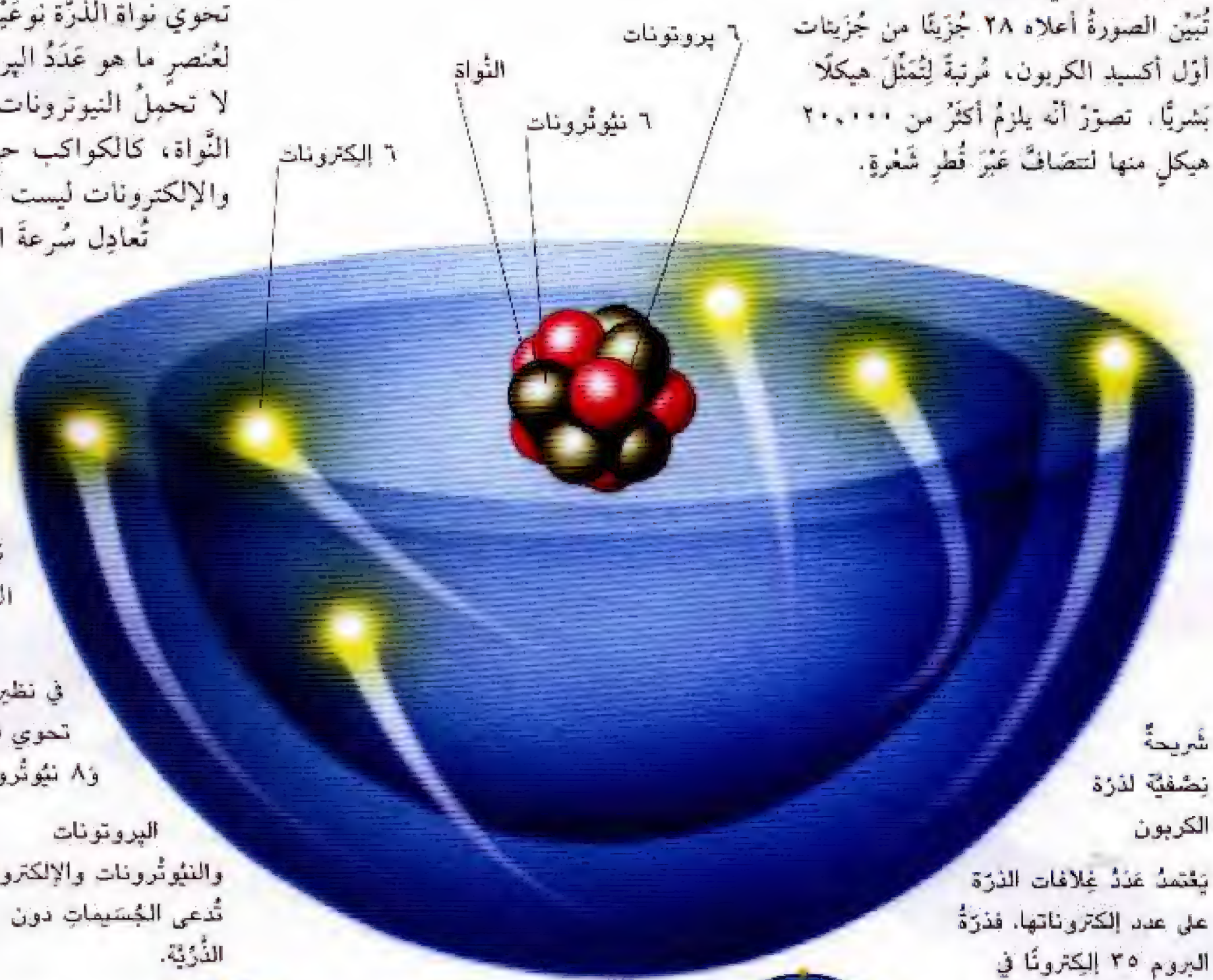
# البنية الذرية

كُلُّ شيءٍ حولنا ممَّا يُرى ويُسَمَّع ويُحَسَّ ويُشَمُّ ويتَذَوَّق يتألَّف من جُسيمات دون المِجهرية تُدعى ذرَّات، وهي من الدِّقَّة بحيث يلزِمُ بضعة ملايين منها لتغطية نقطة الوقف في نهاية هذا السَّطر. وتتألَّف الذرَّة نَفْسُها من جُسيمات أصغر بكثير. ففي مركز كلِّ ذرَّة توجد نواة تتضمَّنُ بروتونات ونيوترونات، وتدور حَوْلَ النواة في أغلفة (طبقاتية) مختلفة جُسيماتٌ تُدعى إلكترونات. البروتونات والنيوترونات أثقل من الإلكترونات بكثير، بحيث إنَّ مُعظمَ كتلة الذرَّة يتركز في النواة. بعضُ الموادِّ مُركَّبات، كالماء أو السُّكَّر، تتألَّف من جُزيئات، والجُزيئات بدورها تتركَّب من عدَّة أنواعٍ من الذرَّات تترابُطُ معًا في مجموعات. وبعضُ الموادِّ عناصرٌ، كالحديد والكربون، تتألَّف من نوع واحد من الذرَّات فقط.



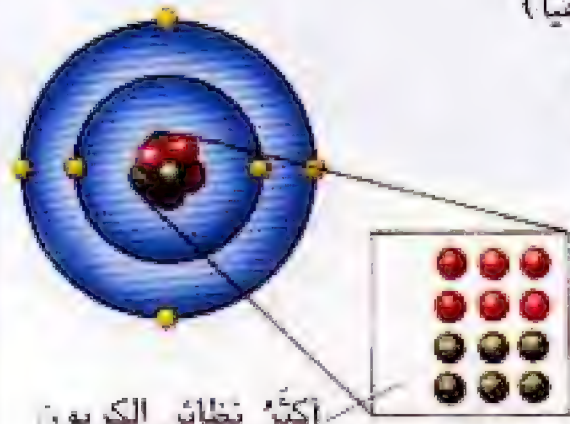
## تصوير الجُزيء

تُبيِّن الصورة أعلاه ٢٨ جُزيئًا من جُزيئات أول أكسيد الكربون، مُرتبة لِتُمثِّلَ هيكلًا بشريًا. تصوَّر أنه يلزِمُ أكثر من ٢٠,٠٠٠ هيكلٍ منها لتُصافَّ عِبرَ قُطرِ شُعرة.



## ذرَّة الكربون

يُمثِّلُ هذا الرِّسْمُ شَطْرًا (نصفًا) لذرَّة كربون. تتألَّف نواة ذرَّة الكربون من ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات. أمَّا الإلكترونات الستة فتتواجد في غلافين.



أكثرُ نظائر الكربون انتشارًا هو

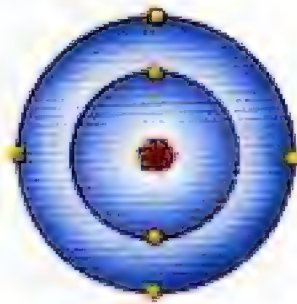
الكربون-١٢، وفي نواته ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات.



في نظير الكربون-١٤ تحوي النواة ٦ بروتونات و ٨ نيوترونات.



البروتونات والنيوترونات والإلكترونات تُدعى الجُسيمات دون الذرية.



الغلاف الأول لذرَّة الكربون يحوي إلكترونين. والإلكترونات الأربعة الأخرى تتواجد في الغلاف الثاني.



شريحة نصفية لذرَّة الكربون

يَعتمدُ عدَدُ غِلافات الذرَّة على عدد الإلكترونات، فذرَّة البروم ٣٥ إلكترونًا في أربعة غِلافات، وقد يبلغ عددُ الغِلافات في بعض الذرَّات سبعة.

## النظائر

جميعُ ذرَّات العنصر الواحد تحوي عددًا مماثلًا من البروتونات؛ لكنَّ عدَدَ النيوترونات في بعضها قد يختلف، وتُسمَّى جميعُ ذرَّات العنصر حينئذٍ نظائر. فنواة ذرَّة نظير الكربون-١٢، مثلاً، تتضمَّنُ ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات، بينما تحوي نواة نظير الكربون-١٤ نيوترونين إضافيين؛ وهو ذو فاعليَّة إشعاعية. وتُعرفُ النظائر ذاتُ الفاعليَّة الإشعاعية بالنظائر المُشعَّة.

## أبعادُ الذرَّة

الذرَّات أصغر من أن تتمثَّلَها مُخيَّلة الإنسان. فقطر الذرَّة، الذي يُقارب الأنغستروم، يعني أن المليمتر يتسع لـ ١٠ ملايين ذرَّة مُتصافَّة جِنبًا إلى جِنب. ورُغم صِغَرها الفائق هذا، فإنَّ الذرَّات تتألَّف من



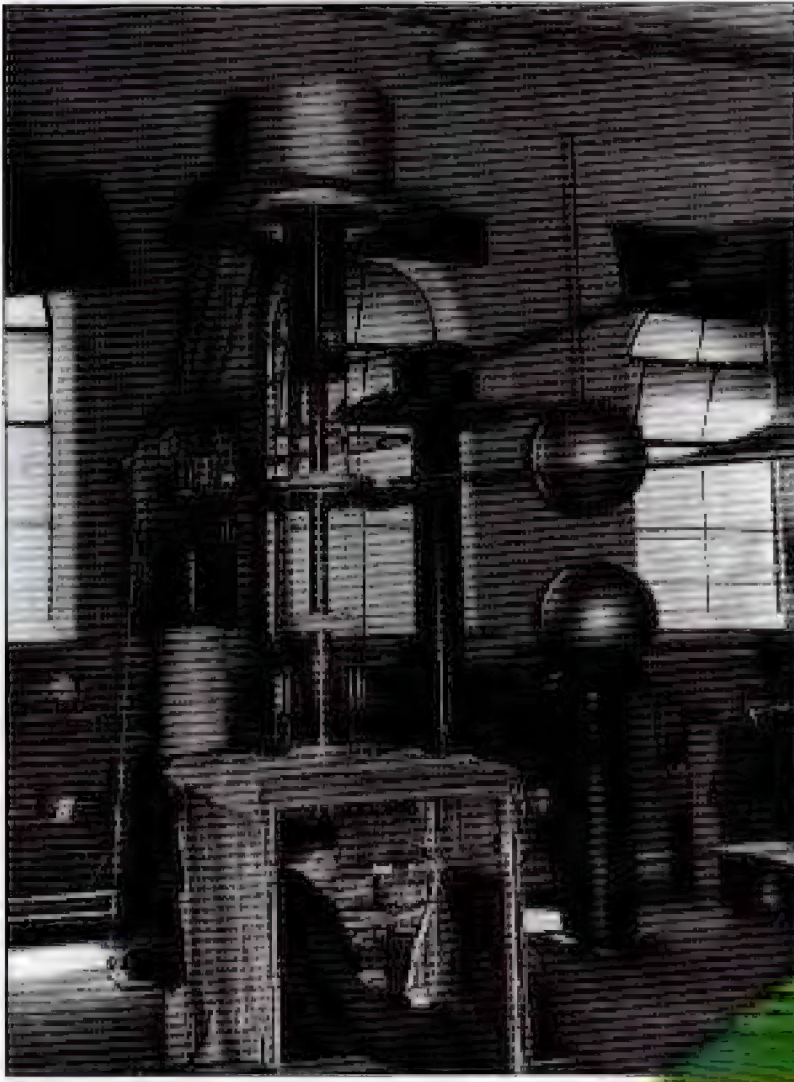
مُعظمُ الذرَّة فراغٌ خاوٍ - حتَّى في الذرَّات المُؤلَّفة من جُسيمات كثيرة.

## جون دالتون

الفيلسوفُ اليوناني ديمُقريطس (حوالي ٤٦٠ - ٣٦١ ق.م.)، ارتأى أنَّ العالم يتألَّف من جُسيمات دقيقة لا تقبل الانقسامَ أسماها ذرَّات. وظلَّ مفهومُه هذا موضوعَ نقاشٍ على مدى مئات السنين. وفي العام ١٨٠٨، تقدَّم الكيميائيُّ البريطاني جون دالتون (١٧٦٦-١٨٤٤)، بناءً على تجاربٍ أجراها، بنظرية مفادها أنَّ كُلَّ عُنصرٍ كيميائيٍّ يتألَّف من ذرَّات مُتماثلة، وأنَّ العناصرَ تختلفُ لأنَّ ذرَّاتها مُختلفة. وقد عُرفت هذه النظرية منذئذٍ بالنظرية الذرية لدالتون.







### المخترعون

جون كوكروفت (١٨٩٧-١٩٦٧)  
وايزنس والتون (١٩٠٣-) كانا  
أول من طور مسارعاً  
للجسيمات عام ١٩٣٢، ونالا  
بذلك جائزة نوبل للفيزياء  
عام ١٩٥١. في الصورة  
أعلاه، يظهر إيزنس والتون  
جالساً داخل حجرة الغدّ، حيث  
تكتشف الجسيمات. الأنبوب الطويل  
فوق الحجرة هو الأنبوب المسارع، والقسم  
القبلي الشكل فوقه هو مركز انطلاق الجسيمات.



### الجسيمات دون الذرية

البروتونات والنيوترونات والإلكترونات في الذرة إنّ هي  
إلا ثلاثة جسيمات أساسية من أكثر من ٢٠٠ جسيم دون  
الذريّ معروفة اليوم. ويواصل العلماء اكتشاف  
جسيمات جديدة واصطناع أخرى، مستخدمين آلات  
عالية القدرة، تدعى مسارعات الجسيمات لتحطيم  
الذرات والجسيمات دون الذرية، على سرعات  
عالية جداً. وهم يطلقون على هذه الجسيمات  
أسماء غريبة عجيبة مثل كاؤن وطاقون وإيسيلون وباريون  
ولامدا إلى غير ذلك.



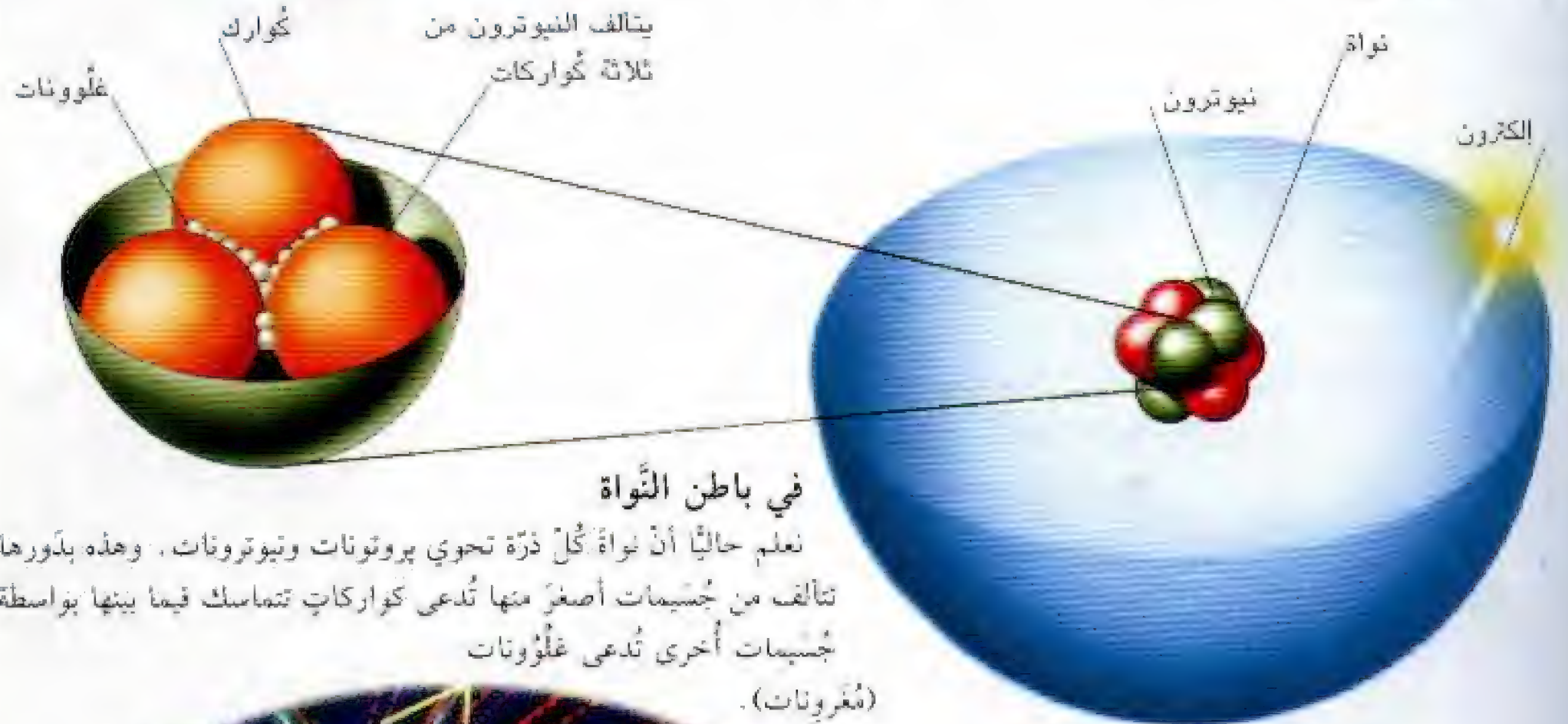
### إرنست رذرفورد

في العام ١٩١١،  
اكتشف الفيزيائي  
البريطاني النيوزيلندي  
المولود، إرنست  
رذرفورد (١٨٧١-  
١٩٣٧) أنّ للذرة  
مركزاً كثيفاً دقيقاً تتركز  
فيه كتلتها هو النواة. إذ

كان رذرفورد وزملاؤه يقذفون رقيقة من الذهب  
بجسيمات ألفا الموجبة الشحنة، التي يتألف  
جسيمها الواحد من بروتونين ونيوترونين، وجدوا  
أنّ معظم الجسيمات تخترق الرقيقة دون تغيير  
مسارها، بينما ينحرف بعضها عن مساره، في حين  
أن القليل منها عاد مرتداً إلى الوراء. فتبيّن  
بذلك أنّ شحنة الذرة الموجبة تتركز في  
نواة صغيرة هي سبب تلك الانحرافات،  
وأنّ الذرة بمعظمها فضاء خالي.

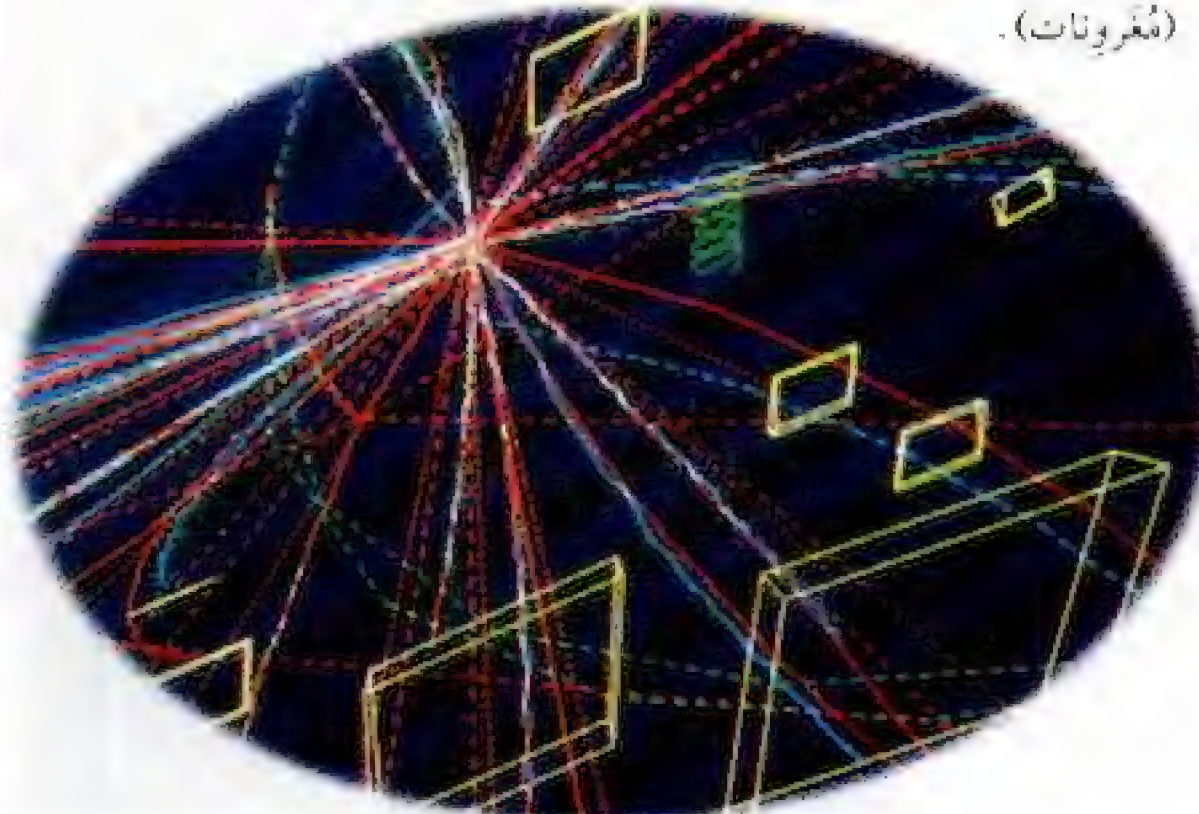
### مسارع الجسيمات

في المسارعات، كهذا السنكروترون (إلى اليسار)، تُرسل  
حزم من الجسيمات دون الذرية في مدارات دائرية، بفعل  
كهربيّات عالية القدرة، وتُسرع بواسطة نبضات كهربائية.  
وعندما تبلغ الجسيمات سرعة كافية، تُستخرج وتوجّه للتصادم بعضها  
مع بعض. ويُسرّع العلماء نالياً بتحليل الجسيمات الجديدة التي تنتج  
عن هذه التصادمات.



### في باطن النواة

نعلم حالياً أنّ نواة كلّ ذرة تحوي بروتونات ونيوترونات. وهذه بدورها  
تتألف من جسيمات أصغر منها تدعى كواركات تتماصك فيما بينها بواسطة  
جسيمات أخرى تدعى غلوونات  
(مُعرّفات).



### مسالك الجسيمات

كثيراً ما يستخدم العلماء كاشفات إلكترونية، لتحديد  
مسالك الجسيمات المتولّدة في التصادمات داخل  
المسارعات. ويُعالج حاسوب المعلومات المجمعة  
ويعرض المسالك على شاشة. ومن خصائص تلك  
المسالك يستطيع العلماء تحديد كتل الجسيمات التي  
رسمتها وشحناتها الكهربائية. فالمسلك اللولبي  
الأخضر مثلاً، في الرسم المقابل هو للإلكترون  
خفيض الطاقة.

### الجسيمات دون الذرية

عام ١٨٩٧، اكتشف ج.ج. طومسون  
(١٨٥٦-١٩٤٠) الإلكترون.  
عام ١٩٠٩، قام روبرت ميليكان  
(١٨٦٨-١٩٥٣) بالشحنة السالبة  
للالكترون.  
عام ١٩١١، اكتشف إرنست رذرفورد  
(١٨٧١-١٩٣٧) نواة الذرة.  
عام ١٩١٣، اكتشف نيلز نور (١٨٨٤-  
١٩٦٢) الغلافات الإلكترونية.  
عام ١٩٣٢، اكتشف جيمس شادويك  
(١٨٩١-١٩٧٤) النيوترون.  
عام ١٩٦٣، نظّر كوري غل-مان  
(١٩٢٩-) بوجود الكواركات.

مسالك الجسيمات في حجرة الفقاعات.

### لمزيد من المعلومات انظر

النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية)  
ص ٢٦  
الترابط الكيميائي ص ٢٨  
العناصر ص ٣١  
الكربون ص ٤٠  
لطاقات النوية ص ١٣٦  
الضوء ص ١٩٠  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



النشاط الإشعاعي

التَّوْحُجُ الإِشْعَاعِي

تُخْتَرَنُ الموادُ المشعَّةُ غالبًا في الماء، لأنَّ الماءَ يعمل كدروعٍ يمتصُّ الإشعاعَ. وقد اكتشف الفيزيائي الروسي، بافل شيرنكوف، أنَّ مُرَوِّزَ الجسيمات عَمَرِ الماءِ يجعلُهُ يَتَعَثَّرُ ضَوْءًا أزرقَ (سُمِّيَ أشعةُ شيرنكوف) فقال باكتشافه هذا جائزة نوبل.

الإشعاع المُستخدَمُ في المستشفيات لمعالجة المَرَضِ سببُهُ تَفَكُّكُ  
النُّوى الذريَّة. إِنَّ معظمَ الذَّراتِ ذاتُ نُوَى مُستَقِرَّة - أي إِنَّ  
عددَ النيوتروناتِ يَبقى مُساوياً لعددِ البروتوناتِ، لَكِنَّ بعضَ النُّوى  
في بعضِ العناصرِ غيرُ مُستَقِرَّة وشَطُورة، وهي لذلكِ إشعاعيَّة.  
إِنَّ عددَ النيوتروناتِ في النُّوى غيرِ المُستَقِرَّة، وتُدعى النُّظائرُ  
المُشعَّة، يَخْتَلِفُ عن عددها في النُّوى المُستَقِرَّة. وعندما تَتَفَكَّكُ  
هذه النُّظائرُ تَبْتَعِثُ إشعاعاتٍ ويعرف هذا بالإِضمحلال الإشعاعي.  
والمعروفُ أَنه كَلِّما ازداد عددُ الجُسيماتِ دُون الذريَّة في الذرة،  
يزداد الإِحتمالُ بأن تكون مُشعَّة. فذرةُ اليورانيوم، مثلاً،  
ذاتُ ٢٣٨ جُسيمًا دُون الذرِّي، وهو عنصرٌ عالى الإشعاعيَّة.

## النشاط الإشعاعي

عام ١٨٩٦ اكتشف أنطوان بيكريل  
(١٨٥٢-١٩٠٨) النشاط الإشعاعي.  
عام ١٨٩٨ اكتشفت ماري كوري  
(١٨٦٧-١٩٣٤) وزوجها بيير كوري  
(١٨٥٩-١٩٠٦) الراديوم والبولونيوم.  
عام ١٩٣٤ اكتشف پاؤل شيرنكوف  
(١٩٠٤- ) اشعة شيرنكوف.  
عام ١٩٣٤ برهنت آيرين جوليوت كوري  
(١٨٩٧-١٩٥٦) ابنة ماري وبيير،  
وزوجها فردريك (١٩٠٠-١٩٥٨) أنَّ  
النشاط الإشعاعي يمكن إحداثه  
اصطناعياً.



قُضِيَانُ الْوَقُودِ مِنْ  
مَفَاعِلِ نَوَوِيٍّ

يُبَيِّنُ الْمَاءَ الشَّيْءَ  
شَيْرَ نَكُوفٍ

الْقُدْرَةُ الْإِخْتِرَاقِيَّةُ

تَبَعَتْ النِّظَائِرُ الْمُشِعَّةُ ثَلَاثَةَ أَنْوَاعٍ مِنَ  
الْإِشْعَاعِ هِيَ أَشْعَةُ أَلْفَا وَبِيْتَا وَغَامَا،  
وَجَمِيعُهَا تَشْكَلُ خَطَرًا عَلَى الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ  
لَأَنَّ بِإِمْكَانِهَا الْعُبُورَ إِلَى الْأَنْسِجَةِ الْحَيَّةِ  
وَإِعْطَابِهَا: فَإِذَا تَعَرَّضَ أَحَدٌ لِقَبْضٍ مِنَ  
الْإِشْعَاعِ تَعَرَّضَ حَيَاتُهُ لِلْخَطَرِ. وَالْمَعْلُومُ  
أَنَّ أَشْعَةَ أَلْفَا هِيَ الْأَقْلُ ضَرَرًا فَجُسِمَاتُهَا لَا  
تَسْتَطِيعُ اخْتِرَاقَ صَفِيحَةٍ وَرَقِيَّةٍ. كَمَا إِنَّ  
جُسِمَاتِ بِيْتَا تَسْتَطِيعُ اخْتِرَاقَ صَفِيحَةٍ مَعْدِنِيَّةٍ  
لِصَدِّهَا. أَمَّا أَشْعَةُ غَامَا، الْحَادَّةُ الْإِخْتِرَاقِيَّةُ،  
فَلَا يُوقِفُهَا إِلَّا صَفِيحَةُ سَمِيكَةِ مِنَ الرِّصَاصِ  
أَوْ جِدَارٌ مِنَ الْخَرَسَانَةِ.

تسري أشعة  
ألفا بسرعة  
تعاود ١٠٪ من  
سرعة الضوء.

تسري أشعة  
بيتا بسرعة  
تعاادل ٥٠٪ من  
سرعة الضوء.

أشعة غاما  
تسري بسرعة  
الضوء

صفحة الومنيوم  
سمكها ١ ملم

صفحة من الرصاص  
سمكها ١,٥ سم

أشعة ألفا هي  
سائل من  
الجسيمات  
الموجبة الشحنة،  
يحتوي كل جسيم منها  
بروتونين ونيوترونين.  
أشعة بيتا هي سائل  
من الإلكترونات.  
أشعة غاما هي  
نوع من الأشعة  
الكهرمغناطيسية.

يُفْقَدُ اليورانيوم جسيماتٍ من نوياته  
المُضمَّجَةِ إشعاعِيَّةٍ. يبين الرسم أدناه  
بضعةً مراحل فقط من هذا الانحلال.

اليورانيوم-٢٣٨

مَرَحِلَتَانِ مِنْ  
إِسْعَاءِ بَيْتَا

خَمْسُ  
مَرَّاحِلَ  
إِشْعَاعَ

إِسْمَاعِيلُ  
الْقَا

الرُّصَاصُ - ٢١٤

إشعاع بيتا

الپولونیوم - ۲۱۴

إِشْعَاعُ الْفَا

إشعاع  
ألفا


ثَلَاثَ مَرَّاجِلَ مِنْ  
إِشْعَاعٍ بَيْتًا

الإضمحلال الإشعاعي

اليورانيوم-٢٣٨، أكثر نظائر اليورانيوم إنتشارًا، تحوي نواته ٢٣٨ جسيمًا ينخفض عددها مع ابتعاث الإشعاع. ويحدث ذلك في سلسلة من المراحل يتكوّن في كُلِّ منها عنصرٌ جديد. يُدعى مُعدّلُ هذا الاضمحلال الإشعاعي عُمرُ النصف، وهو الزمن اللازم لاضمحلال نصف ذرّات المادّة المُشعّة. إنّ عُمرُ النصف لليورانيوم-٢٣٨ هو ٤٥٠٠ مليون سنة، لأنّ أيّة كميّة من اليورانيوم-٢٣٨ تحتاجُ إلى ٤٥٠٠ مليون سنة ليضمحل نصف ذرّاتها إشعاعًا.



ماری کوری

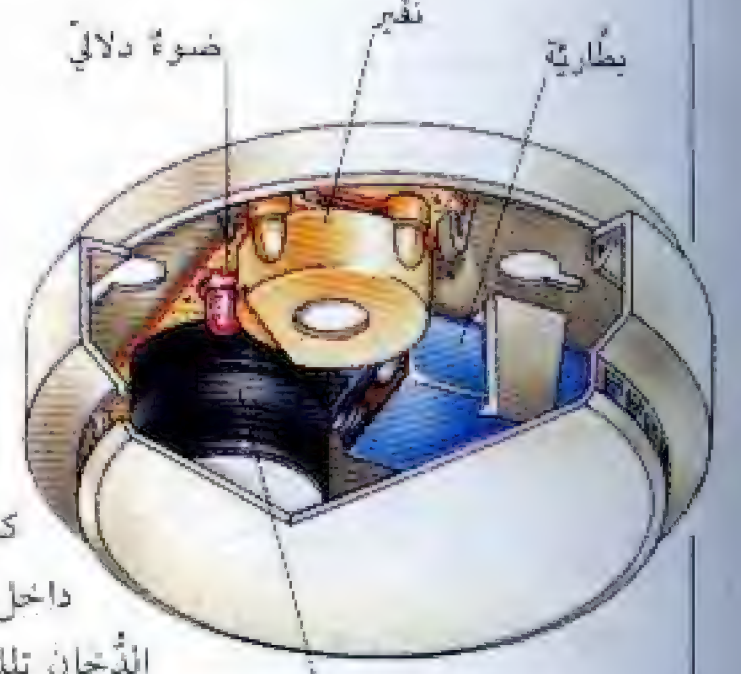


اكتشف الفيزيائي الفرنسي، أنطوان  
بيكريل، الفاعلية الإشعاعية لليورانيوم  
عندما لاحظ تغيُّسًا غير متوقَّع في لوحة  
فوتوغرافية كانت على مقرِّبة من أملاح  
اليورانيوم. إثر ذلك راحت ماري كوري  
وزوجها بيار يستقصيان اليورانيوم، فوجدا أن  
البلبلند، خامَّ اليورانيوم، هو على درجة من  
الفاعلية الإشعاعية تُوحى بتواجد عنصر مُشعِّع  
آخر بين مقوماته. وكان أن وَجدا عنصرين هما الراديوم  
والپولونيوم. وتقاسم بيكريل وماري وبيير كوري جائزة نوبل  
للفيزياء عام ١٩٠٣ لِعزلهنَّ عنصر الراديوم. وقد ماتت ماري كوري  
بذء اللوكيميا (سرطان الدَّم) رُبما بسبب تعرُّضها المفرط للإشعاع!



## الاستخدامات المفيدة للإشعاع

الأشعة المُشعَّة من المواد المُشعَّة قد تكون قاتلة، لذا يجب التعامل معها بعناية بالغة. وهي قد تُستَخدم لأغراض نافعة، كما في النّاطقات القلبية ذات البطاريات النوويّة التي تدوم لمدة أطول بكثير من البطاريات العادية. كذلك فإنّ الأمراض السرطانيّة تُكتشف وتُعالج باستخدام الإشعاعات.



تحتوي خِجيرة التّحسس مادة مُشعَّة تُساعد في اكتشاف الدّخان.

### أجهزة الإنذار من الدّخان

يحتوي الكثير من أجهزة كشف الدّخان مصدرًا مُشعًّا ضعيفًا كالأمريسيوم-٢٤١. إنّ إشعاعات هذا العنصر تؤيّن الذرات داخل خِجيرة التّحسس مُرسلة تيارًا كهربائيًا ضئيلًا. فإذا دخل الدّخان تلك الخِجيرة، تضطرب الأيونات ويُخفّض التيار، فتُجسّس الجِذادة الصّغيرة هذا الانخفاض وتُطلق نفير الإنذار.



### مُناولة المواد المُشعَّة

يجب معاملة المواد المُشعَّة بعناية بالغة. ففي الصناعة النوويّة يُعالج العاملون هذه المواد من خلال قفازات مرّكبة في صندوق مُدرّع. وحينما يضطرون إلى مُناولة تلك المواد الخطرة خارج الغُرف المتواجدة فيها، يُستخدمون آلات بُعاديّة التّحكّم تُحاكي عمل أيديهم. ويحمل جميع العاملين في المجالات النوويّة شارات صدرية خاصة تُسمى بقياس الجرعات، تُسجّل كميّة الإشعاع التي يتعرضون لها خلال فترة زمنيّة مُعيّنة.

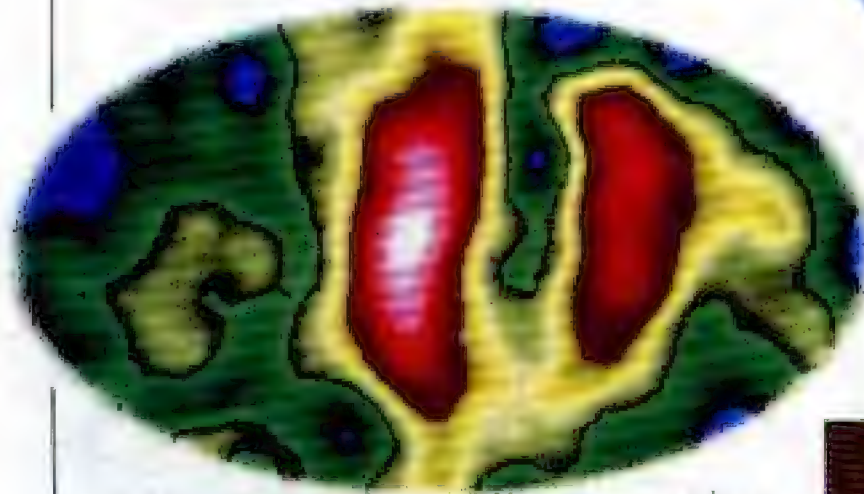
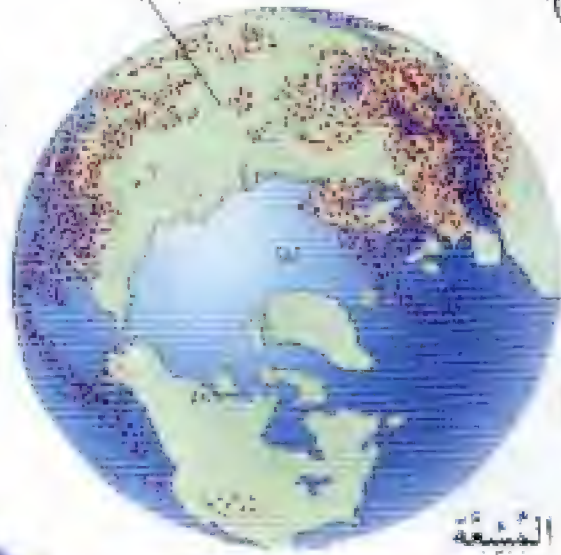


### عَدَدُ جِيْجَر

عَدَدُ جِيْجَر يُكتشف ويُقيس شدّة الإشعاع. وهو يحمل اسم هانز جيجر (١٨٨٢-١٩٤٥)، الفيزيائي الألماني، الذي أنجزه بشكله الحالي. يُملأ السّنتار الكاشف بالغاز على ضغط خفيض، وهذا الغاز يتأين بالإشعاع مُتبعًا نبضات كهربائيّة تُنبئها إبرة المُدالة أو سرعة النّكّات مُحددة كميّة الإشعاع.

### السّقط المُشعّ

تحتوي مخطّات القدرة النوويّة كمّيّات كبيرة من المواد المُشعَّة لا خطر منها عادةً، لكنّ فيها خطرٌ كامنٌ. أسوأ الحوادث النوويّة العالميّة كان انفجار مُفاعل شيرنوبيل النوويّ، بأوكرانيا، في نيسان ١٩٨٦. فالمواد المُشعَّة التي انقذت في الهواء عادت لاحقًا إلى الأرض مُساقطات مُشعَّة، مُلوّثة مناطق شاسعة من أوروبا وآسيا. وتبيّن الخطر المُقابل مناطق التلوث الإشعاعي في العالم بعد عشرة أيام من الانفجار.



### الرّقْم بالنظائر المُشعَّة

عندما تُحقن بعض النظائر المُشعَّة في الجسم، تتجمّع في أعضاء مُعيّنة تُرقّمها وتُبرّزها، ممّا يُيسّر للأطباء المُختصين فحصها. كما إنّ الأشعة التي تنبعثها تلك النظائر قد تُكثّف أيضًا الأنسجة المُغطّوبة. في الصورة المُضطّعة الألوان لقلب بشريّ أعلاه، يظهر النسيج المعطوب على شكل بضوء (خضرة) في يسار الصورة.

### التأريخ بالكربون المُشعّ

في أنسجة الحيوانات والنباتات نسبة معروفة من نظير الكربون المُشعّ (الكربون-١٤). وعند موت هذه الخلوقات يتوقف تناولهم لمزيد من الكربون، وتستمرّ كميّة الكربون-١٤ طبعًا بالتناقص بمعدّل معروف (هو عُمر النّصف). وباستخدام هذا المعدّل، يُمكن تقدير عُمر المواد العضويّة القديمة بقياس كميّة الكربون-١٤ المُتبقيّة فيها. إنّ عُمر البطاقة الخشبيّة هذه المُميّزة للموميا، هو حوالي ٢٥٠٠ سنة.



### العلاج بالإشعاع

يُعالج المرضى المُصابون بداء السرطان بالإشعاع. في هذه المكنة، تُركّز أشعة غاما المُشعَّة من نظير كوبالت مُشع على المنطقة المُصابة لقتل خلاياها ومنع السرطان من الانتشار إلى مناطق أخرى من الجسم. كما تُستخدم أشعة غاما أيضًا في تعقيم المُعدّات الطبيّة.



#### لمزيد من المعلومات أنظر

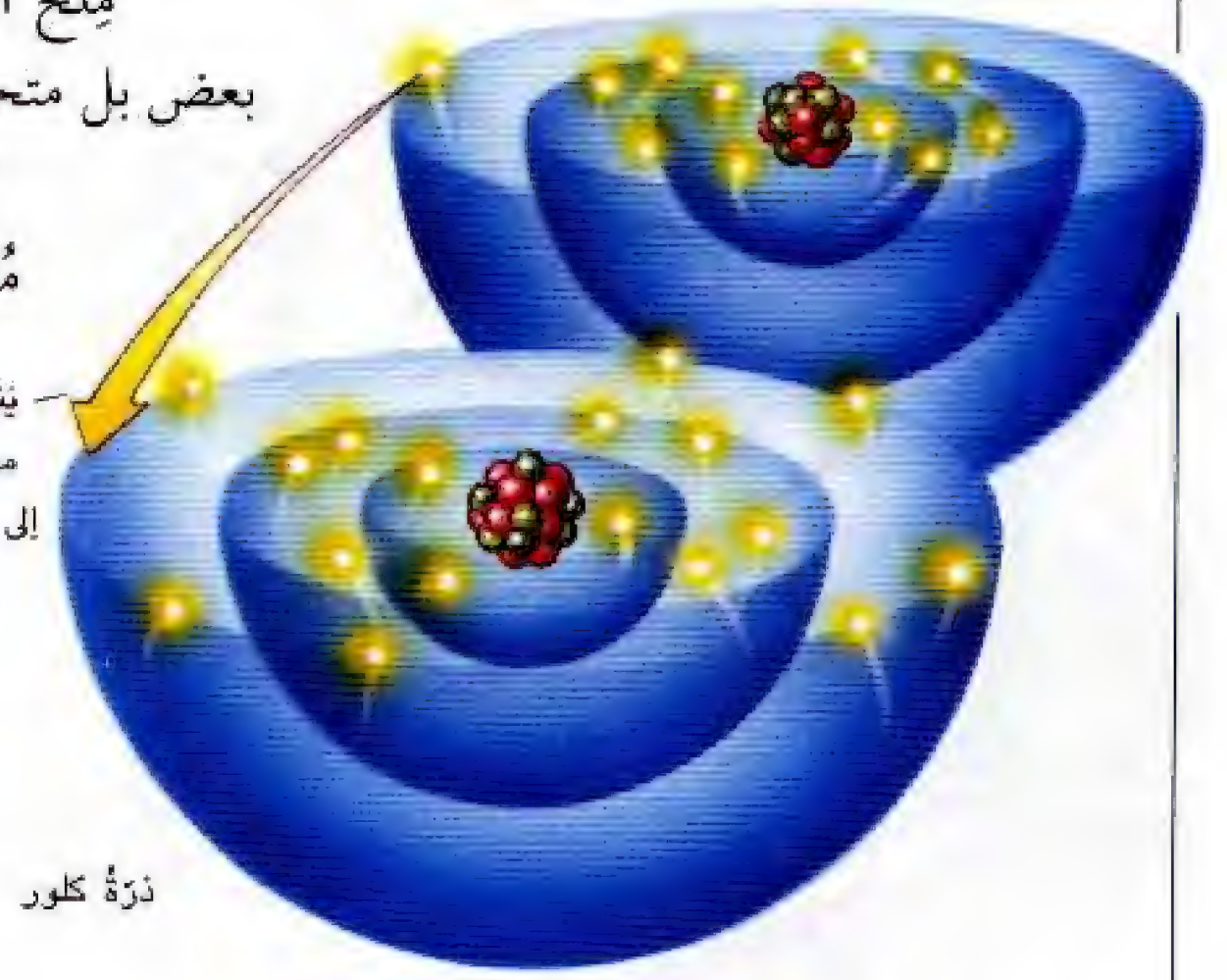
- البنية الذريّة ص ٢٤
- التّربط الكيميائيّ ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- الهيدروجين ص ٤٧
- الطاقة النوويّة ص ١٣٦
- الظّيف الكهربائيّ ص ١٩٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# التَّرابُط الكيماوي

ذرة صوديوم

مِلْحُ الطعام تُؤلّفهُ ذرّاتُ الصوديوم والكلور . وهي ليست مُجرّدَ خليطٍ بعضها مع بعض بل متحدةٌ ومتماسكةٌ معاً بروابط كيماويّة . والروابطُ هذه بمُختلفِ أنواعها تشمّلُ حركةَ الإلكترونات في الغلافات القُصوى للذرّات والإلكترونات نفسها بِطَرَقٍ مُتباينة . في الملح ، مثلاً ، تمنحُ الذرّاتُ إلكتروناتٍ (كما الصوديوم) أو تتلقّاها (كما الكلور) . وهذا يشكّلُ ما يُعرفُ بالروابط الأيونيّة . أمّا في مركباتٍ أُخرى ، كالماء ، فالذرّاتُ تشاركُ الإلكترونات فيما بينها مُشكّلةً ما يُدعى بالروابط الإسهاميّة . أمّا في الفلزّات ، فالإلكترونات تُسري حَولَ جميعِ الذرّات فيما يُعرفُ بالروابط الفلزيّة . فالذرّاتُ المختلفةُ المُتحدةُ والمتماسكةُ بعضها مع بعض بهذه الروابط المختلفة تُؤلّفُ ملايينَ الموادّ المتنوعة المتباينة المتواجدة على الأرض .

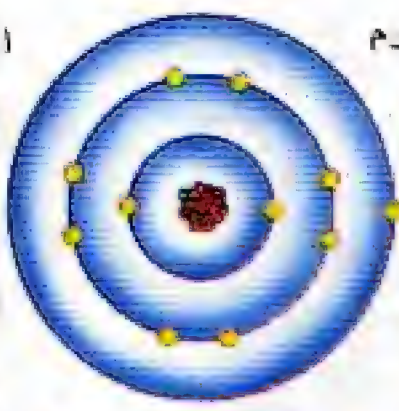


ينتقلُ إلكترونٌ واحدٌ  
من ذرة الصوديوم  
إلى ذرة الكلور

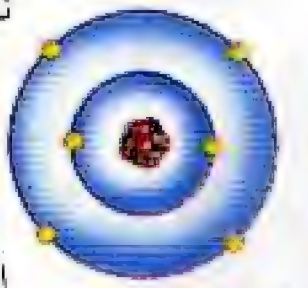
ذرة كلور

## التكافؤ

التكافؤُ هو عدّدُ الروابط التي يُمكن للذرة أن تتحد بها مع ذرة أخرى . ولكلّ ذرة رقمٌ يبيّن ذلك يُدعى رقمُ التكافؤ . فذرة الصوديوم ، مثلاً ، رقمُ تكافؤها واحدٌ إذ إنّ غلافها الخارجيّ يحوي إلكترونًا واحدًا ، بينما يضمّ غلافها الثاني مجموعةً ثمانية . فهي لذا تُنزعُ إلى الترابُط بهذا الإلكترون مع ذرة أخرى (كما في كلوريد الصوديوم) وتبقى هي بمجموعة ثمانية مُستقرّة . أمّا ذرة الكربون فلديها أربعة إلكترونات في غلافها الخارجيّ ، وبمقدورها الترابُط مع أربع ذرات أخرى لتكوين مجموعة ثمانية مُستقرّة . وهكذا فإنّ رقمَ تكافئها يساوي أربعة . هذا ولبعض الذرّات تكافؤٌ مُتغيّرٌ ، فذرة الحديد ، مثلاً ، تستطيع الترابُط مع ذرتين أُخريين أو ثلاث .

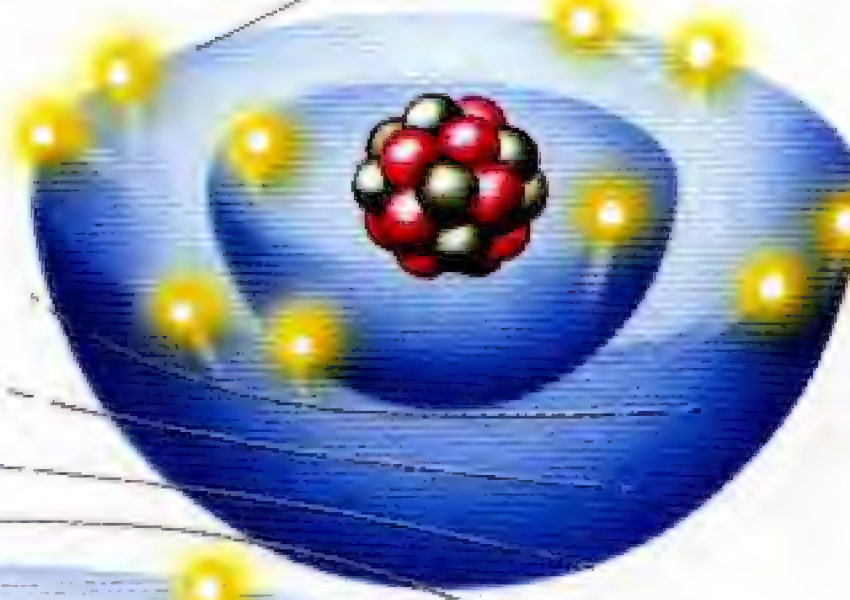


ذرة الصوديوم



ذرة الكلور

لقد خسرَت ذرةُ الصوديوم إلكترونًا سالب الشحنة فاصبحت أيونًا موجب الشحنة يُدعى كاتيونًا (هابطة) .



بترابط الذرّات يزدادُ استقرارُها ، وتكونُ عادةً أكثرُ استقرارًا ، عندما يحوي غلافها الخارجيّ ثمانية إلكترونات تشكّلُ ما يُسمّى الثمانية المُستقرّة .



بلورات الملح



رابط أيوني

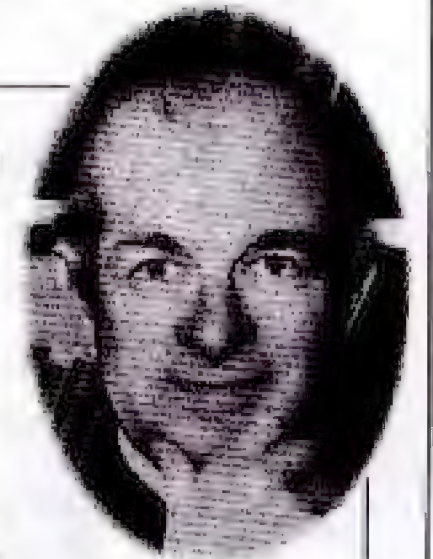
كاتيون الصوديوم

أنيون الكلور

وكسبت ذرةُ الكلور إلكترونًا فاصبحت بذلك أيونًا سالب الشحنة يُدعى أنيونًا (صاعدة) .

## البنية الأيونية

في مُركّب أيونيّ ككلوريد الصوديوم ، تُنظّم جميع الأيونات في هيكليةٍ مُنظمة تُدعى شبيكة أيونية مُهيكلّة . فبلورات الملح مُكعباتٌ ، تبعًا للبنية الأساسية للشبيكة . إنّ جميع المركّبات الأيونية تشكّلُ شبيكات ؛ لكنّ نسقَ انتظامِ أيوناتها يختلف من شبيكة إلى أخرى ؛ وهذا يُعطي الشبيكة بنيةً مُختلفة ، والبلورة شكلًا مُغيّرًا مُميّزًا .



## لينوس بولينج

وُلد لينوس بولينج ، الكيميائي الأمريكي ، عام ١٩٠١ . وخلال الثلاثينيات من القرن العشرين ، طوّر نظريّاتٍ مُهمّةً حَولَ الترابُط الكيماوي والتركيّب الجزيئي ، وقام بقياس

مقادير الطاقة اللازمة لتكوين الروابط الكيماوية وزواياها ، كما قاس المسافات بين الذرّات . وقد نال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٥٤ . وفي عام ١٩٦٢ ، مُنِح أيضًا جائزة نوبل للسلام تقديرًا لجهوده في وقف تجارب القنابل النووية .

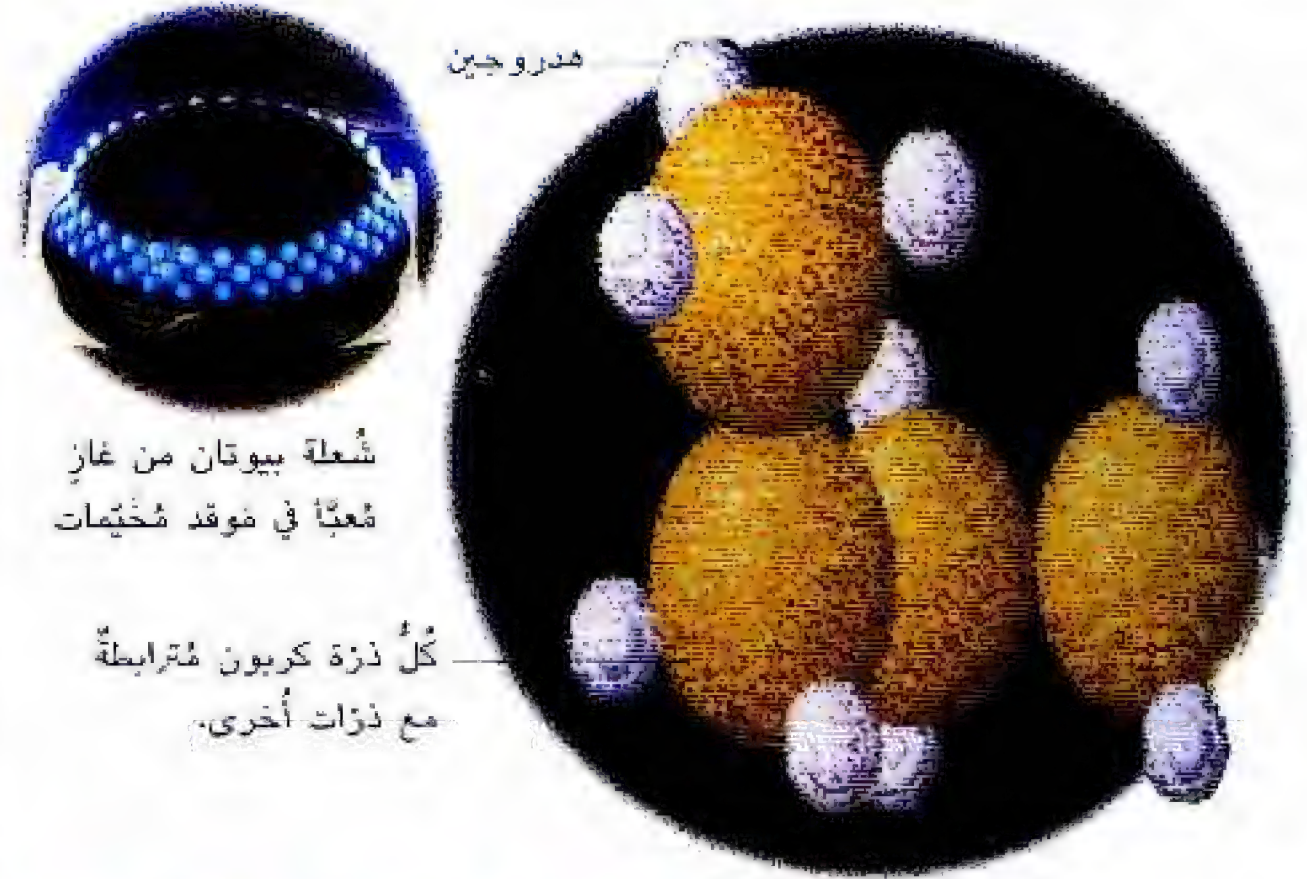


## الرّوابط الإسهاميّة

كثرة من أنواع الذرات لا تخسر (أو لا تكسب) إلكترونات بسهولة لتُشكّل روابط أيونيّة، فتستعاض عن ذلك بمشاركة الإلكترونات فيما بينها. وتتم هذه المشاركة بأزواج تُدعى أزواجًا إلكترونيّة. وهذا النمط من الترابط يُسمّى رابطة إسهاميّة، كما يُدعى أصغر جزء من المركّب ذي الروابط الإسهاميّة جُزيءًا. إنّ قوى الجذب التي تشدّ هذه الجُزيئات بعضها إلى بعض ضعيفة إلى حدّ بعيد، لذا نجد مُعظم المركّبات الإسهاميّة الترابط غازات أو سوائل. وهي ذات نقاط انصهار وجليان خفيفة لأنّ قسَمَ الروابط بينها لا يستلزم طاقة كبيرة.

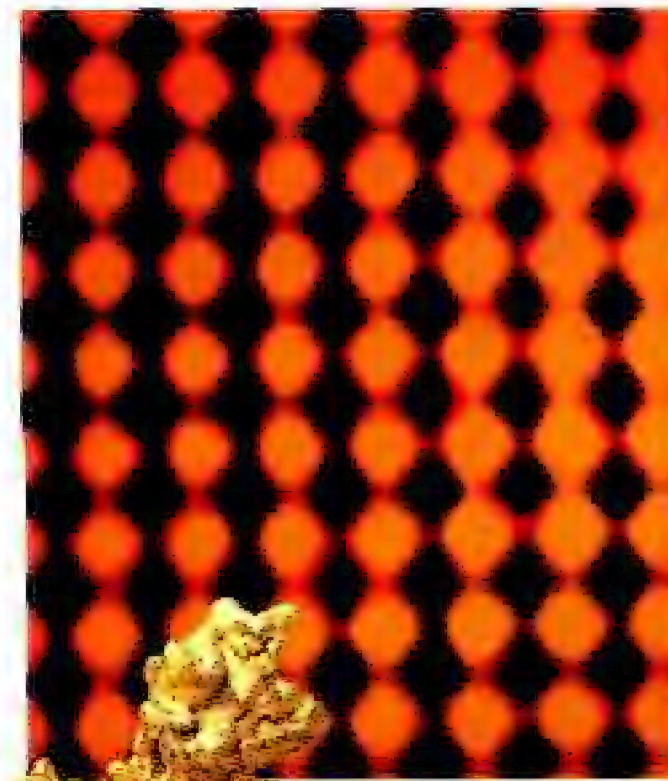
## الجُزيئات السّاهميّة

يُبيّن محاكاة الشكل الحاسوبية هذه بنية مُجسّمة للمركّب الكربوني البيونان (غاز الفوارير). فالبيونان مركّب ساهميّ نموذجي، وسائله يتحوّل بسهولة إلى غاز لأنّ جُزيئاته مترابطة فيما بينها بقوى ضعيفة، تُدعى قوى فان دير فالز.



## الرّوابط الفلزيّة

ترابط الإلكترونات في الغلاف الخارجي لذرات الفلزّات ترابط راح، لذا فهي تطفو في جمل أو «بحر» مُشترك من الإلكترونات مُكوّنة ما يُعرف بالترابط الفلزيّ. وهذا الجمل من الإلكترونات يمكنه أن يسري بحريّة حول جميع الذرات، وهذا يُفسّر كون الفلزّات مُوصّلات جيّدة للحرارة والكهرباء. فعندما تُسلّط الحرارة أو الكهرباء على جزء من الفلزّ، تحملها الإلكترونات بسرعة إلى جميع الأجزاء الأخرى.

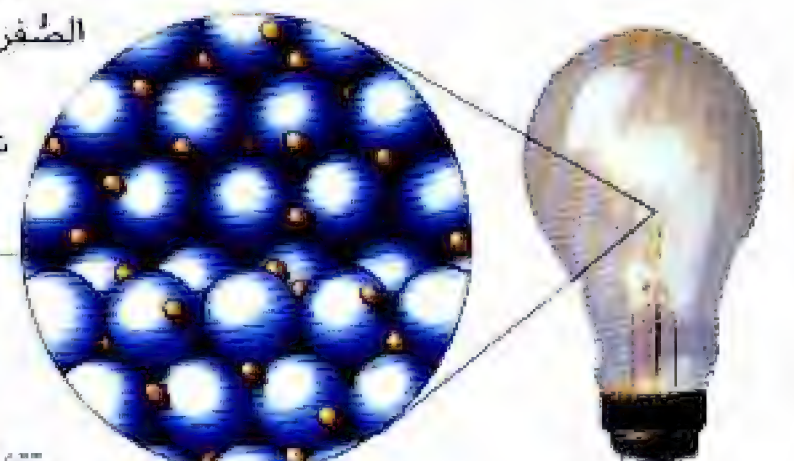


صورة مُصطنعة الألوان لشبكة ذهبيّة، والنقط الصّفر تُمثّل ذرات الذهب.

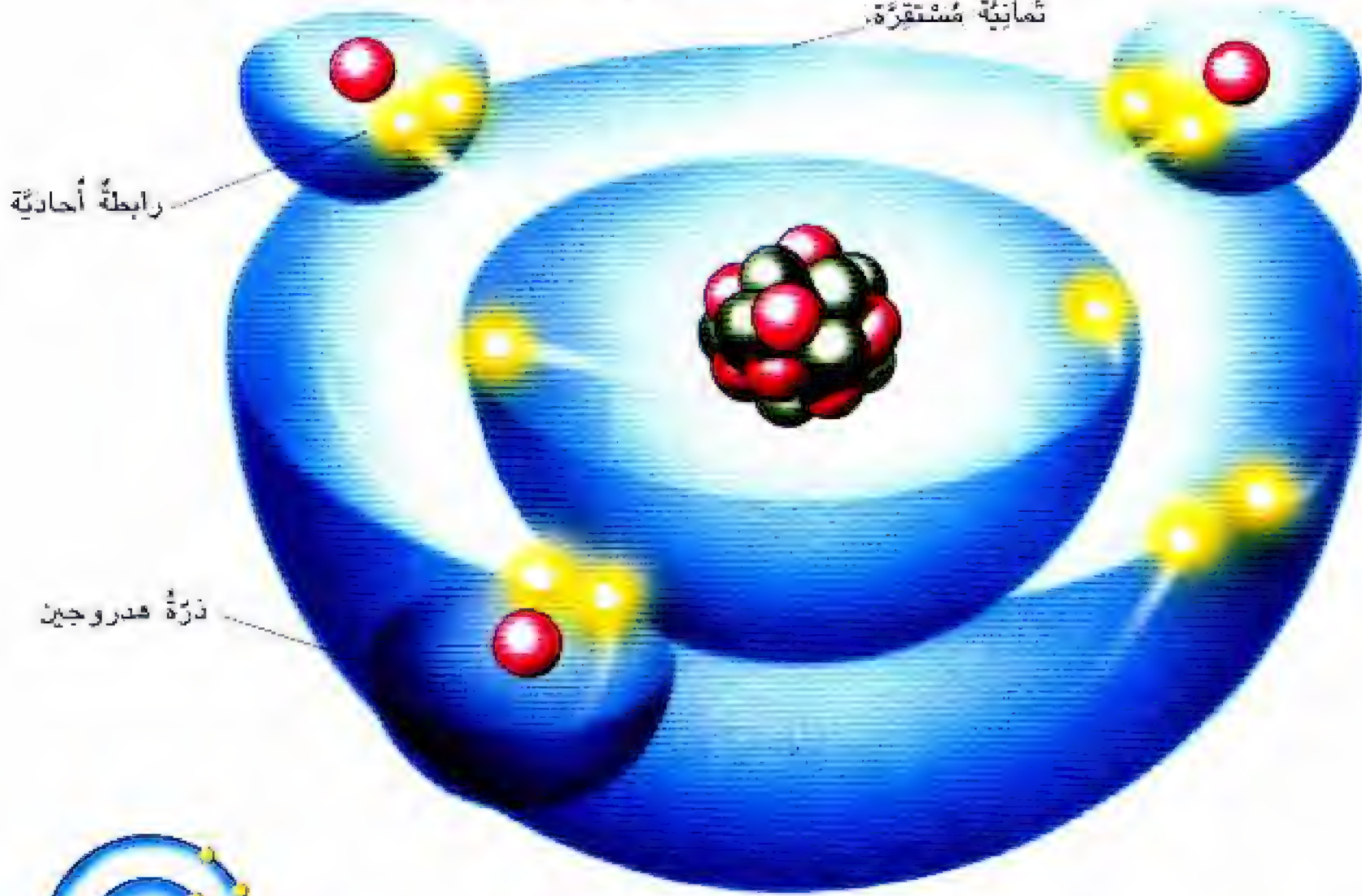
شُدرة ذهب مُنبّلة

الإلكترونات الخارجيّة لذرات الفلزّات تجول بحريّة من ذرة إلى أخرى.

تتوهّج الفتيّة المعدنية للصّمجة حالما يمرّ التيار الكهربائيّ عبرها.

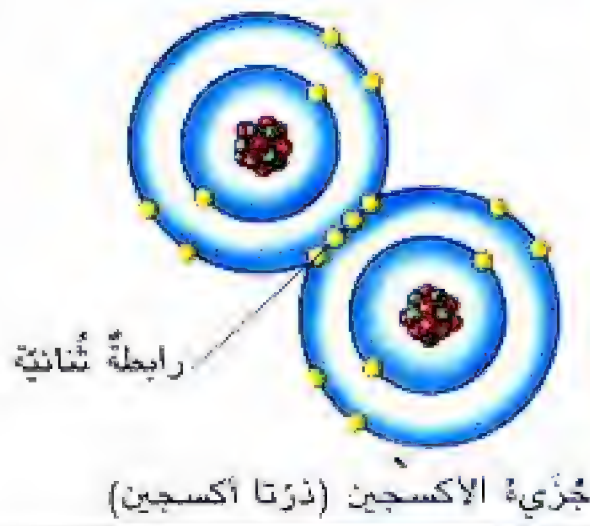


في الغلاف الخارجيّ لذرة الهيدروجين خمسة إلكترونات وهي ترتبط مع ثلاث ذرات من الهيدروجين لتؤلّف ثمانية مُستقرّة.



## الرّوابط المُزدوجة

في الرّوابط الإسهاميّة تشارك الذرات أحيانًا بزوجين من الإلكترونات بدل زوج واحد. فجُزيء أكسجين الهواء، مثلاً، يتألّف من ذرتين مترابطتين برابطة ثنائيّة (مزدوجة).



## الرّوابط الهيدروجينيّة

يتألّف جُزيء الماء (H2O) من ذرتي هيدروجين مترابطتين مع ذرة واحدة من الأكسجين برابطتين إسهاميتين. وبالإضافة إلى تماسكها بقوى فان دير فالز، فإنّ جُزيئات الماء ترتبط أيضًا بعضها مع بعض بروابط هيدروجينيّة. ويحصل هذا الترابط بانجذاب ذرات الهيدروجين الموجبة الشحنة نوعًا، إلى ذرات الأكسجين السالبة الشحنة نوعًا. وتكتسب ذرات الأكسجين الشحنة السالبة الضئيلة لأنّها تجذب إلكترونات الترابط الإسهاميّ بقوّة أكبر ممّا تفعل ذرات الهيدروجين.



## بنية الفلزّات

تراصف ذرات الفلزّات صفوفًا منتظمةً التوافق يشدّها بحر من الإلكترونات في شبكة فلزيّة مهيكلّة. ففي بحر الإلكترونات هذا لا ترتبط الذرة مع الذرات المُجاورة، بل تجول الذرات بحريّة، لكنّ تظلّ دومًا متماسكة تُشكّل روابط قويّة في مواقعها الجديدة. وهذا يُفسّر قابليّة الفلزّات للشدّ والتمطيع.



## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذريّة ص ٢٤
- البلورات ص ٣٠
- التفاعلات الكيميائيّة ص ٥٢
- توصيف التفاعلات ص ٥٣
- المركّبات والمزيجات ص ٥٨
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الكهرباء والتّيار ص ١٤٨



# البُـلُورَات

إذا تفحصت قليلاً من السُّكَّر بعدسة مكبرة تر مُكعَّباتٍ دقيقة زجاجية المظهر هي بلُورَات السُّكَّر. الحجارة الكريمة، كالياقوت والصفير هي بلُورَات أيضًا. إنَّ مُعظم الجوامد، بما فيها الفلزَّات، تتألف من كمَّيات كثيرة من البلُورات قد لا يمكن رؤيتها أحياناً لأنها أصغرُ من أن تُرى، أو لِشِدَّةِ تلازُّها وتلاصُّقها. لكنَّ البلُورات في الصخور كثيراً ما تكون واضحة للعيان رُغم أنها غالباً لا تتخذ شكلاً مُحدَّداً لِتراصُّها معاً. أمَّا المُتنامي منها بحرية في الفجوات الصخرية فيتخذ أشكالاً مُنتظمة جميلة. هنالك سبعة أشكالٍ أو أنظمة بلُورية (مُبيَّنة أدناه)، وهي تعكسُ الترتيب أو النسق البلوري للذرات أو الأيونات التي تُؤلف البلورة. والعلماء يتقصَّون هذا النسق بأشعة إكس (الأشعة السينية).



## ألوانُ البلُورات

من البلُورات ما كُلُّهُ تقريباً ذو لونٍ واحد، كالكبريت؛ لكنَّ المَرُو أو الكوارتز (ثاني أكسيد السليكون) مُتباينُ لونِ البلُورات لاحتوائه شوائب مُتنوعة. فالمرُّ النقي شفافٌ ويُدعى البلور الصخري. أمَّا غيرُ النقي فقد يكون أبيض (كالمرُّ اللبني) أو قُرْنَقِيّاً (كالمرُّ الوردي) أو أصفرَ ليمونياً (كالشُّرين). أمَّا النوع الأرجواني (الجَمَشْتُ) فلوَّنه ناتج أساساً من الحديد.

## الانشقاق والتفلُّق

عند تصدُّع البلُورات يُلاحظ أنها تتفلَّق غالباً بِمُوازاة مُستويات مُعيَّنة ذات علاقة بالنسق البلوري الأساسي. فالميكَا، مثلاً، تتفلَّق صفائح رقيقة بِمُوازاة قاعدة البلُورة.

## البُـجَـمَـاتِـيـت

بلُورَات البُـجَـمَـاتِـيـت، وهو صخر ناري، كبيرة لأنَّه كان قد برد ببطء. أمَّا عندم انتظام شكل البلُورات فعائد إلى أنها كانت قد تشكَّلت مترابطة بعضها إلى بعض لا في حيزٍ حرٍّ.



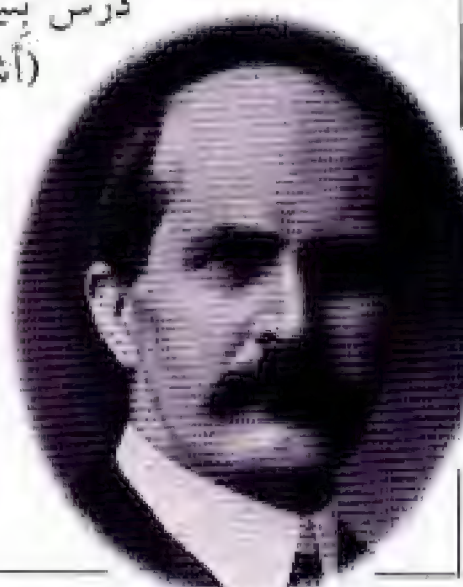
الرُّمُود ذو تماثل سداسي.

النُّوباز (إلى اليسار) ذو تماثل مُعَيَّن.

الغالبينا (خامة الزئباج) ذات تماثل مُعَيَّن.

## الأنظمة البلُورية

الأنظمة البلُورية السبعة مُبيَّنة أعلاه. والمعروف أنَّ البلُورات الكاملة والثامة الشكل نادرة. لكن مهما كان شكل البلورة فإنَّ بالإمكان قياس تماثلها. وهذا يُساعد العلماء على تعرُّف هُويَّتها.



## وليام براج

وليام هنري براج (١٨٦٢-١٩٤٢)

وابنه وليام لورانس براج (١٨٩٠-١٩٧١) كانا أول من

درس بُنية البلُورات بالأشعة السينية

(أشعة إكس). وقد نالا جائزة نوبل

للفيزياء عام ١٩١٥ لعمليهما هذا. عند إشرار

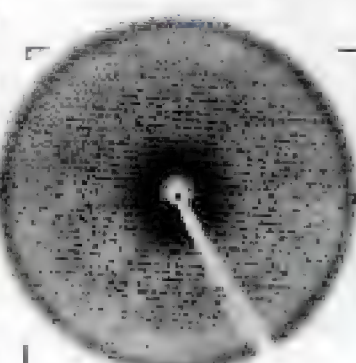
حزمة من أشعة إكس عبر بلُورة تُسقط نمطاً نسقياً

على صفحة فوتوغرافية، يُدعى المخطط

البلُوري؛ ولكل بلُورة مخططها الخاص بها.

وهذا المخطط يكشفُ البنية الداخلية للبلورة

ونسق ذراتها أو أيوناتها.



المُرُّ (الكوارتز) ذو تماثل ثلاثي.



الألمنيست ذو تماثل ثلاثي الميل.



الجَنَس ذو تماثل أحادي الميل.



الايدوكراز ذو تماثل رباعي.



## تَـمِـيـةُ البـلُـورـات

تنامي هذا النمط من البلُورات المختلفة حصل من بلُورات كبريتات الحديد الشَّاذرة (البُنِّيَّة) وبلُورات كلوريد الكوبلت (الفاتمة الزُرَّة)، وبلُورات يترات النحاس (الفاتحة الزُرَّة). إنَّ تَـمِـيـةُ البـلُـورـات عملية سهلة يمكنك إجراؤها بتعليق خيط في محلول مُركَّز من الماء والسُّكَّر أو من الماء وبلُورات الجَنَازرة (كبريتات النحاس).

## لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الكبريت ص ٤٥
- الأملاح ص ٧٣
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# العناصر

تتألف السبيكة الذهبية من نوع واحد من الذرات هي ذرات الذهب، وهذا يعني أن الذهب عنصر. والمعروف أن معظم الأشياء في الكون تتألف من مجموعات مؤلفة من الذرات المختلفة، تدعى مركبات. قلة من العناصر فقط يمكن أن تتواجد في حالة نقية، كالذهب والنحاس والفضة. لقد تم حتى اليوم تعرف ١٠٩ عناصر، يتواجد منها طبيعيًا ٨٩. وكان تم اكتشاف عشرة عناصر قبل القرن الثامن عشر، واكتشف معظم الباقي في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر حين بدأ الكيميائيون جديًا بتقصي العناصر والمركبات الكيماوية. وقد أصبح الجدول الدوري اليوم يضم ٢٠ عنصرًا اصطناعيًا لا تتواجد في الطبيعة؛ جميعها ذو فاعلية إشعاعية، وبقاء بعضها لا يتجاوز بضعة أجزاء المليون من الثانية.

## نشأة العناصر

الهيدروجين، أبسط العناصر، كان أولها تكوّنًا بعد مدة وجيزة من الانفجار العظيم الذي كان به الكون منذ آلاف ملايين السنين؛ ثم تلاه عنصر الهيليوم. إن جميع العناصر التي تتألف منها الأرض حاليًا كانت قد تكوّنت في أعماق نجوم عملاقة، ثم انتشرت في الفضاء بعد تفجر تلك النجوم.

نجم يتفجر

الإلكترونات  
السنة لذرة  
الكربون تدوم  
حولها باستمرار.  
والاربعة منها في  
الغلاف الخارجي  
جاهزة للترابط  
مع ذرات أخرى.

مختبر في القرن  
التاسع عشر

## العناصر القديمة

خلال القرن الرابع ق.م. كان فلاسفة الإغريق، بمن فيهم أرسطو، يعتقدون أن جميع أشكال المادة مكوّن من أربعة عناصر فقط هي النار والهواء والماء والتراب مُنسقة بنسب مختلفة. فالعظم، مثلاً، كان، في زعمهم، يتألف من أربعة أجزاء نارًا، وجزأين ماءً، وجزأين من التراب. وبيّن الرّسْم أدناه، من مخطوط لقصيدة بالألمانية عن الخيمياء في القرن السابع عشر، أربعة رموز تمثل التراب والماء والهواء والنار.



## العناصر في ما قبل التاريخ

الجديد كان أحد العناصر التي عرفها القدماء منذ حوالي العام ١٥٠٠ ق.م. فقد اكتشف الجيّنون، الذين استوطنوا ما هو اليوم أواسط تركيا، طريقة استخراج الحديد بإحماء خاماته. ولم يمضِ طويلٌ وقتٍ حتى انتشرت هذه المعرفة عبر القارة الأوروبية. وسجل الحصيد الحديديّ هذا يزيد عمره على ٢٠٠٠ سنة.

نُضِّل حديديّ مُثَبَّت في  
مقبض من قرن وثُل.

## عصر العناصر

لعلّ الكيميائي الألماني، هينغ براند، باستخلاصه الفسفور عام ١٦٦٩، كان أول من يحضّر عنصرًا من خاماته. لكن الأمر استغرق قرابة القرن من الزمان قبل أن يقفبه آخرون بإحماء المواد لاستخلاص العناصر من مركّباتها. وقد توصل بعضهم إلى فصل عناصر بالكهرلة - أي بإمرار تيار كهربائي عبر المواد، محلولة أو مصهورة.

## العناصر الشائعة

العنصران الأكثر شيوعًا في الكون كمجموع، ويقدر كبير، هما الهيدروجين والهيليوم. فهما العنصران الأساسيان في النجوم، إذ يشكّلان ٩٨ في المئة من مادّتها. أما في القشرة الأرضية، فعنصر الأكسجين هو الأكثر وفرة بين جميع العناصر ويّليه السيليكون، حيث يشكّلان معًا حوالي ثلاثة أرباع مقوّمات القشرة. والمعلوم أن العناصر الأكثر تواجدًا في جسم الإنسان هي الكربون والهيدروجين والأكسجين لأنها تُؤلّف معظم المركّبات في جميع خلايا الجسم.

عناصر في قشرة  
الأرض

عناصر جد نادرة  
البوتاسيوم  
المغنسيوم  
الصوديوم  
الكالسيوم  
الحديد  
الألومنيوم  
السليكون  
الأكسجين



## المسار الخطي

يستطيع الفيزيائيون التّويّون تخليق عنصر جديد بقتف عنصر موجود بجسيمات فائقة السرعة في مسار خطي. فزيادة عدد البروتونات في نوى الذرات يتولد عنصر جديد.

## الذرات

جميع ذرات العنصر تحوي الأعداد نفسها من الإلكترونات والبروتونات. وهذا يجعل كلّ عنصر فريدًا كيماويًا.

## لمزيد من المعلومات انظر

البنية الذرية ص ٢٤  
النشاط الإشعاعي ص ٢٦  
الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢  
المركّبات والمزيجات ص ٥٨  
حقائق وتعلّومات ص ٤٠٢



# الجدول الدوري للعناصر

قد يبدو هذا الجدول مُعَقَّدًا، لكنَّه في الواقع جدولٌ بسيطٌ بالعناصر جميعها مُرتبةً ترتيبًا تصاعديًا، في صفوف أفقيةٍ تبعًا لأعدادها الذرية (أي عدد البروتونات في نواها). ففي ثمانينيات القرن التاسع عشر لاحظ الكيميائيون أنَّ لمجموعاتٍ مُعيَّنة من العناصر خواصَّ مُتماثلة، فحاولوا ترتيبها في مجاميعٍ مُجدولةٍ بشكلٍ يُبين ذلك بوضوح. وفي عام ١٨٦٩ نُشر ديمتري مندلييف الجدول الأفضل بينها الذي ما زال يُستخدمُ حتَّى اليوم؛ فيستطيعُ الكيميائي معرفة الكثير عن عُنصرٍ ما بالنظر فقط إلى موقعه في الجدول الدوري.

ترتيبًا تصاعديًا، في صفوف أفقية تبعًا لأعدادها الذرية (أي عدد البروتونات في نواها). ففي ثمانينيات القرن التاسع عشر لاحظ الكيميائيون أن لمجموعات معينة من العناصر خواصًا متماثلة، فحاولوا ترتيبها في مجاميع مُجدولة بشكل يبين ذلك بوضوح. وفي عام ١٨٦٩ نشر ديمتري مندلييف الجدول الأفضل بينها الذي ما زال يُستخدم حتى اليوم؛ فيستطيع الكيميائي معرفة الكثير عن عنصر ما بالنظر فقط إلى موقعه في الجدول الدوري.

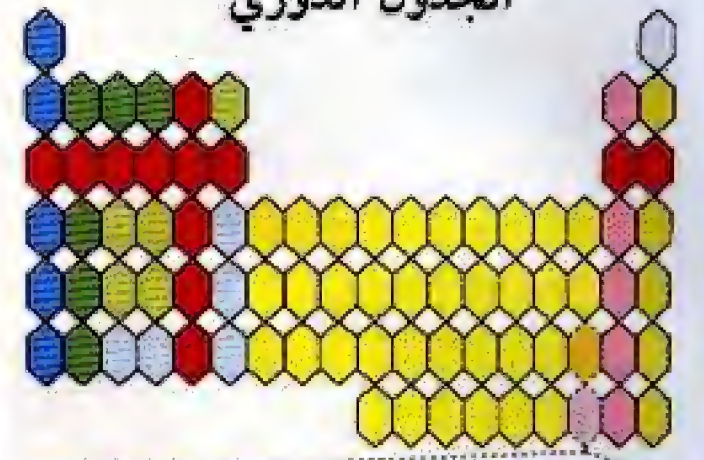
١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																																																								
هـ	د	ج	ب	أ	ن	ك	ل	م	س	خ	نح	ني	كو	ح	من	كر	فن	ت	سك	بو	كا	الكالسيوم	الليثيوم	البيرونيوم	المغنيسيوم	الصوديوم	الهيدروجين																																														
٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																																		
٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																																
٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																														
٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																												
٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																										
٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																								
٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																						
٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																				
٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																		
٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١																
٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١														
٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١												
٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١										
٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١								
٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١						
٣٥	٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٣٥	٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١				
٣٦	٣٥	٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٣٦	٣٥	٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١		
٣٧	٣٦	٣٥	٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٣٧	٣٦	٣٥	٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٣٨	٣٧	٣٦	٣٥	٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢																																															



## المجموعات والدورات

كيف نستخدم الجدول الدوري؟ إن العنصر الـ ١٠٩ المعروف حاليًا مُرتَّب في صفوف أفقية يتزايد عبرها العدد الذري، تُسمى دورات. وكما هو بين، فإن الدورات تبدأ بفيلز قُلوي من اليمين وتنتهي بغاز نبيل عن اليسار. إن ذرات العناصر، في بداية كل دورة تحوي إلكترونًا واحدًا فقط في الغلاف الخارجي؛ وفي نهاية الدورة يكتمل هذا الغلاف بشمانية إلكترونات. أما العناصر المتواجدة في الأعمدة القائمة، وتُدعى مجموعات، فتحتوي ذراتها العدد نفسه من الإلكترونات في غلافاتها الخارجية؛ لذا فإن لها التكافؤ نفسه؛ وخصائصها الكيميائية متماثلة.

### الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٤ من: الكربون (ك) والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) والقصدير (ق) والرصاص (صا)

تتألف الدورة ٢ من: الصوديوم (ص) والمغنيسيوم (مغ) والالومنيوم (لم) والسليكون (س) والفسفور (فو) والكبريت (كب) والكلور (كل) والارجون (غو)

عدد الإلكترونات لكل عنصر يساوي لعدده الذري.

### الفيلزات واللافيلزات

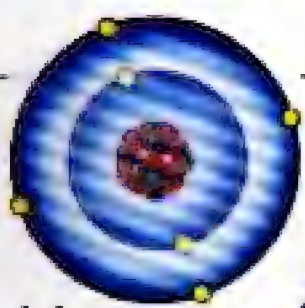
إن معظم العناصر الكيميائية هي من الفيلزات. أما اللافيلزات فتشغل مثلثًا في يسار الجدول الدوري؛ وتقع بينهما أشياء الفيلزات التي لها بعض خصائص الفيلزات وبعض خصائص اللافيلزات. هنالك اختلافات كبيرة متعددة بين الفيلزات واللافيلزات، فالفيلزات جوامد (ما عدا الزئبق، فهو سائل)، وهي موصلات جيدة للحرارة والكهرباء، وذات درجات انصهار وغليان عالية غالبًا؛ كما تكون أيونات موجبة تدعى هوابط (كاتيونات) عندما ترتبط مع عناصر أخرى. أما اللافيلزات فتعظمها غازات ذات درجات انصهار وغليان خفيفة، وهي ليست موصلات جيدة، ما عدا الكربون؛ كما تكون أيونات سالبة تدعى صواعد (أنيونات) عندما ترتبط مع عناصر أخرى.

### تناقص الحجم

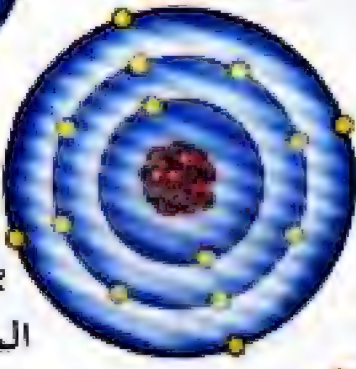
يقل عدد الغلافات نفسه عبر الدورة؛ لكن يتناقص حجم الذرة بتزايد عدد الإلكترونات وذلك لأن زيادة البروتونات في النواة تزيد جذبها للإلكترونات نحوها.

### عبر الدورة (أفقياً)

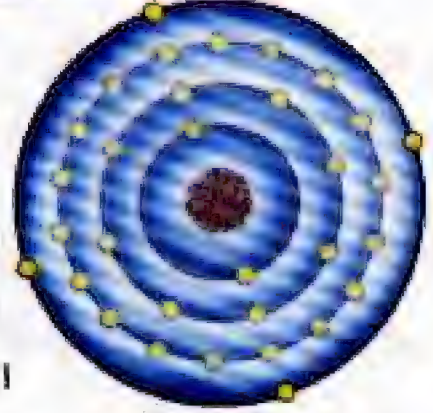
بالانتقال عبر الدورة من اليمين إلى اليسار، يتزايد عدد الإلكترونات إلكترونًا واحدًا مع كل عنصر؛ ويظهر تغير تدريجي في الخصائص الكيميائية. ففي الدورة ٣، تتغير العناصر من الصوديوم (ص)، الفيلز، عبر السليكون (س)، شبه الفيلز، إلى الأرجون (غو)، اللافيلز. وتتغير العناصر من مكونات هوابط (كاتيونات) إلى مكونات صواعد (أنيونات).



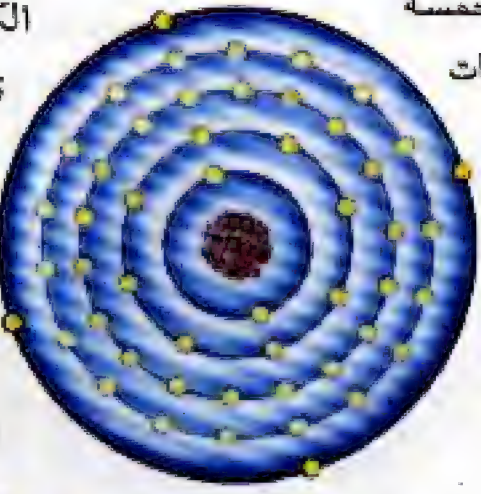
ذرة الكربون لها غلافان



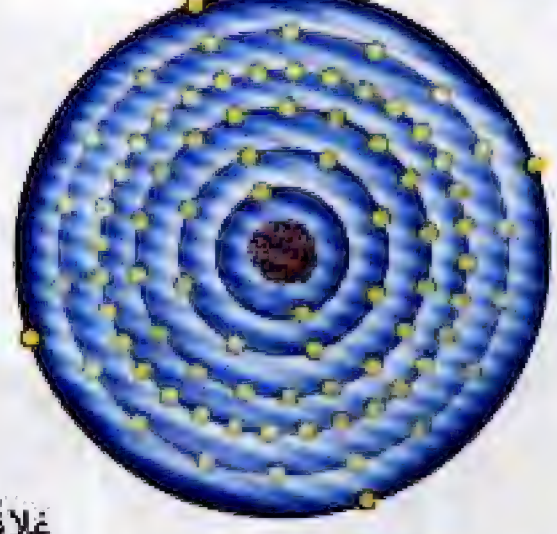
ذرة السليكون لها ثلاثة غلافات



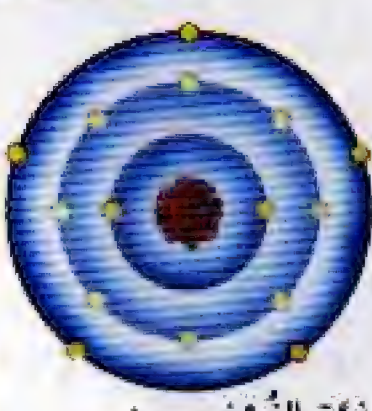
ذرة الجرمانيوم لها أربعة غلافات



ذرة القصدير لها خمسة غلافات



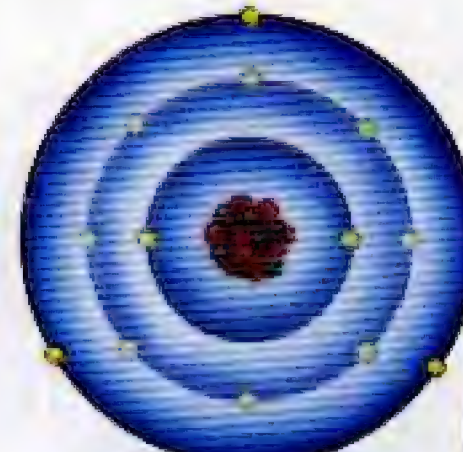
ذرة الرصاص لها ستة غلافات



في ذرة السليكون من المجموعة ١٤، هنالك ١٤ إلكترونًا، أربعة منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة الالومنيوم من المجموعة ١٣، هنالك ١٣ إلكترونًا، ثلاثة منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة المغنيسيوم من المجموعة ٢، هنالك ١٢ إلكترونًا، اثنان منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة الصوديوم من المجموعة ١، هنالك ١١ إلكترونًا، واحد منها في الغلاف الخارجي.

### المجموعة نزولاً

تظهر علاقة المجموعة بكل وضوح في بعض المجموعات، كما في المجموعة ١ (الفيلزات القلوية)، والمجموعة ٢ (فيلزات الأتربة القلوية) والمجموعة ١٨ (الغازات النبيلة)؛ فالعناصر متماثلة في المظهر وفي التفاعلية (أي قابلية الترابط). أما في مجموعات أخرى كالجموعة ١٤، فالخصائص الكيميائية تبقى متماثلة، لكن العناصر تتغير من لافيلزي في أعلى المجموعة إلى فيلزي في أسفلها. فالكربون (ك) لافيلز نموذجي؛ والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) كلاهما شبه فيلز؛ أما القصدير (ق) والرصاص (صا) فكلهما فيلزان.

٦  
ك  
الكربون  
١٢

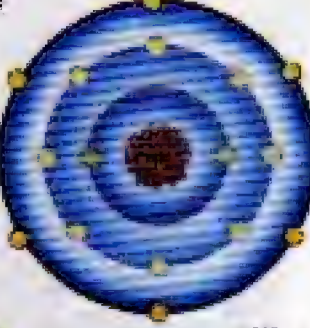
١٤  
س  
السليكون  
٢٨

٣٢  
جر  
الجرمانيوم  
٧٤

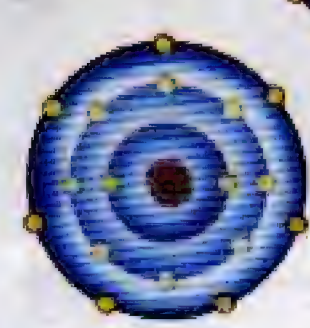
٥٠  
ق  
القصدير  
١٢٠

٨٢  
صا  
الرصاص  
٢٠٨

يتزايد عدد الغلافات، نزولاً، غلافًا واحدًا مع كل عنصر، ولما أن العدد الأقصى لهذه الغلافات في الذرة هو سبعة، أما عدد الإلكترونات في الغلاف الخارجي لأي عنصر في المجموعة الواحدة فهو دائمًا نفسه لجميع عناصرها.



في ذرة الكبريت من المجموعة ١٦، هنالك ١٦ إلكترونًا، ستة منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة الكلور من المجموعة ١٧، هنالك ١٧ إلكترونًا، سبعة منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة الأرجون من المجموعة ١٨، هنالك ١٨ إلكترونًا، ثمانية منها في الغلاف الخارجي.

### لزيد من المعلومات انظر

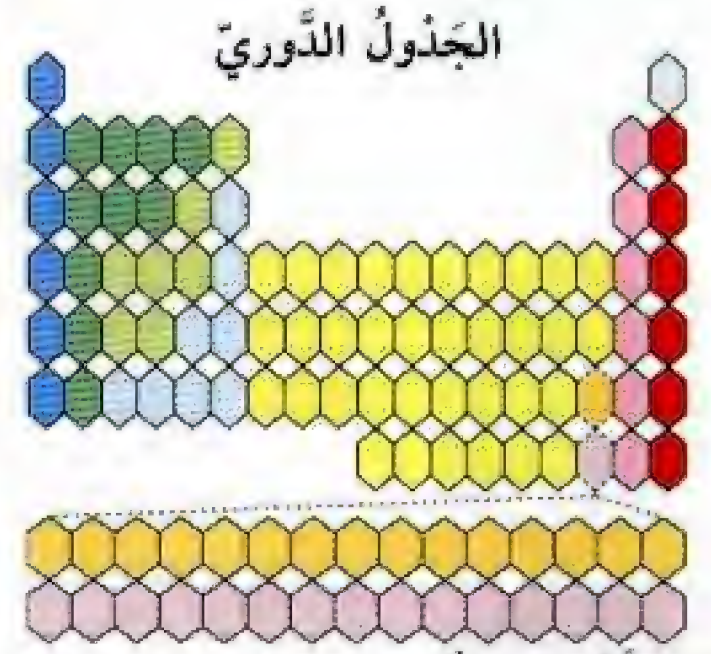
- البنية الذرية ص ٢٤
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- الفيلزات القلوية ص ٣٤
- أشياء الفيلزات ص ٣٩
- الغازات النبيلة ص ٤٨
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢





# الفِلِزَّاتُ القِلْوِيَّة

أكثرُ عناصرِ المجموعة ١، من الجدول الدوري، شيوعًا هو الصوديوم أحدُ مُكوّنِي ملح الطعام. وتُدعى عناصرُ هذه المجموعة الفِلِزَّاتِ القِلْوِيَّة، لأنها تتفاعلُ مع الماء لتكوّن محاليلَ قِلْوِيَّة. البوتاسيوم، أحدُ مَقوّمات الأسمدة المعروفة مثل كبريتات البوتاسيوم ونترات الشيلي، هو عنصرٌ آخرُ في هذه المجموعة. ومن عناصرِ هذه المجموعة أيضًا الليثيوم الذي تُستخدمُ مُركّباته طَبِّيًا في معالجة حالات الاكتئاب الهوسِي العُصابِيَّة. كما يُمزجُ الليثيوم مع الألومنيوم في سبائك خفيفة مَتيّنة تُستخدمُ في بناء الطائرات. وجميعُ الفِلِزَّاتِ القِلْوِيَّة ذات لونٍ أبيض فضي، وتزايد تفاعلُها نزولًا إذ يحوي الغلاف الخارجي لِذراتها إلكترونًا واحدًا يتناقصُ انجذابُه إلى النواة من أعلى المجموعة إلى أسفلها.



تتألفُ المجموعة ١ من: الليثيوم (لث) والصوديوم (ص) والبوتاسيوم (بو) والروبيديوم (بيد) والسيزيوم (سز) والفرانسيوم المُشع (فر)

جميعُ الفِلِزَّاتِ القِلْوِيَّة لينة بحيثُ تقطع بالسكين.



يتفاعلُ الصوديوم بسرعة مع أكسجين الهواء بحيثُ يكتسبُ سطحه المخدوش في بضع دقائق، لذا تُحفظُ الفِلِزَّاتُ القِلْوِيَّة مغمورة في الزيت.

يتفاعلُ البوتاسيوم أيضًا مع أكسجين الهواء وبسرعة أكثر من الصوديوم.



## التفاعل مع الماء

تتفاعلُ قطعة من البوتاسيوم مع الماء بقوة نشطة بحيثُ تُدوّمُ آزة فوق كامل السطح مُكوّنة فقاعات من غاز الهيدروجين الذي يشتعلُ بلهبٍ أزرق قرنفلي. ويُنشِجُ هذا التفاعلُ هيدروكسيد البوتاسيوم الذي يُحوّلُ الماء إلى محلولٍ قِلْوِيٍّ؛ وتسخُنُ الماء بِحرارة التفاعل. وتتفاعل جميعُ الفِلِزَّاتِ القِلْوِيَّة مع الماء بشكل مُماثل، لكنّ الروبيديوم والسيزيوم يتفجّران عند ملامسته.



## مصباح الصوديوم

تتوهّج مصابيح الشوارع بلونٍ أصفر برتقاليّ زاهٍ لأنها تحوي بخار الصوديوم الذي يُصدرُ هذا اللون عند مرور الكهرباء عبره؛ كما تُعطي مُركّبات الصوديوم لونًا مُماثلًا عندما تُعرّضُ لِلهب.



التغذية بكلوريد الصوديوم. يتبعثُ غاز الكلور.

يُسحبُ الصوديوم المنصهر من هنا.

كلوريد الصوديوم المنصهر.

يتجمّع الصوديوم حول مُهبط (كاثود) أسطوانتي من الفولاذ.

يتجمّع الكلور حول مُصغّر (أنود) من الغرافيت.

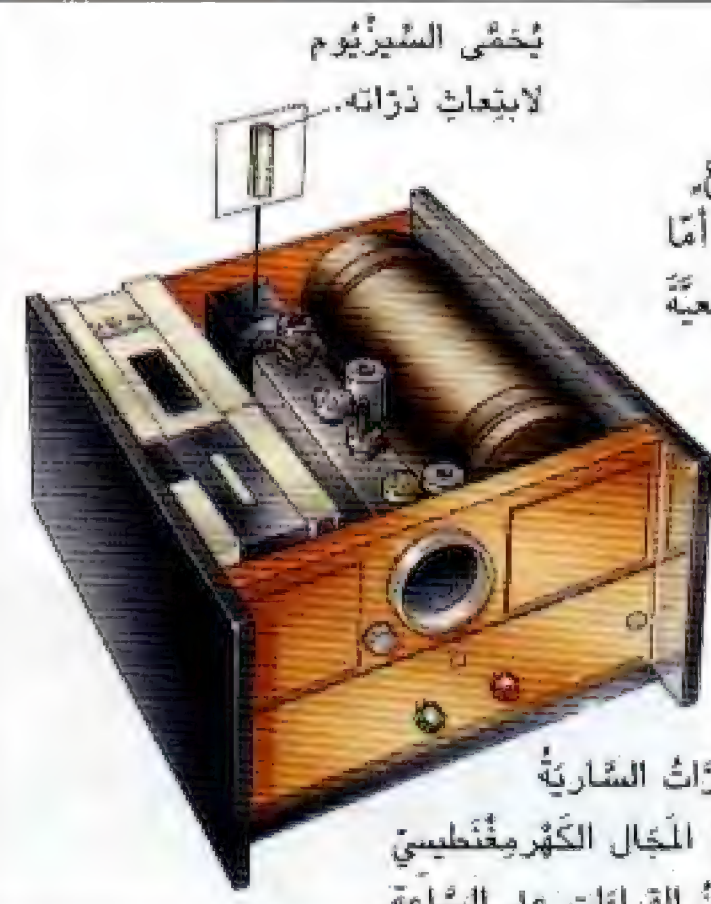


## إستخراج الصوديوم

يُستخرجُ الصوديوم من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) باستخدام خلية داون. يُحمى الملح إلى ٨٠٠° من حتى ينصهر، ويسري التيار الكهربائي في الملح المنصهر عبر مُصغّر (أنود) من الغرافيت ومُهبط (كاثود) من الفولاذ؛ فيتحلّل الملح إلى عنصري الصوديوم والكلور. هذه العملية تُدعى عملية الكهَرَلَة (التحليل الكهربائي)؛ وكان السير هَمفري ديفي (١٧٧٨-١٨٢٩) أوّل من إستخدمها.

## ساعة السيزيوم الذرية

تُضبطُ الساعات العادية الوقت بعد نوع من الإيقاع المُنتظم كخَطَران البندول؛ أما الساعات الذرية «فتعدّ» الذبذبات الطبيعية لِذرات السيزيوم. وهذه الذرات تُحدِثُ ٩ ١٩٢ ٦٣١ ٧٧٠ ذبذبة في الثانية؛ لذا، فإن ساعات السيزيوم الذرية يمكنها أن تقيس الأجزاء من الثانية بكل دقّة. وتُتَبَيَّنُ ذبذبات ذرات السيزيوم بمُساعدة مَجَالٍ كهَرِمَغْنطيسي.



الذرات السارية غير المجال كهَرِمَغْنطيسي تُبَيِّنُ القراءات على الساعة.

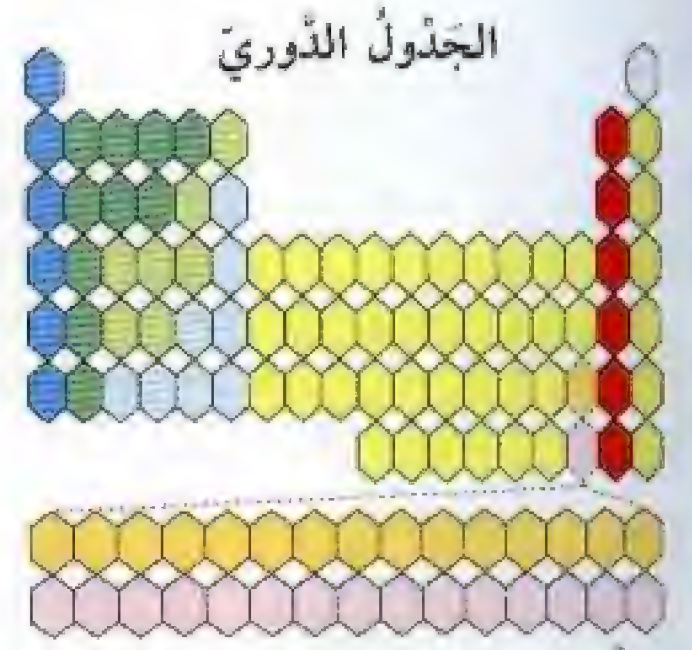
## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الكهَرَلَة (التحليل الكهربائي) ص ٦٧
- القِلْوِيَّات والقواعد ص ٧٠
- الكيمياء الزراعية ص ٩١
- صناعة القِلْوِيَّات ص ٩٤
- الكهَرِمَغْنَطِيَّة ص ١٥٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# فلزات الأثرية القلوية

أشهر عناصر المجموعة ٢ من الجدول الدوري هو الكالسيوم، ويوجد في الطباشير والحليب والعظام وغيرها. وتدعى عناصر هذه المجموعة فلزات الأثرية القلوية لأنها جميعها تتفاعل مع الماء فتكون محاليل قلوية؛ كما إن مركباتها متوافرة في الطبيعة على نطاق واسع. فالبريليوم، مثلاً، يتواجد في الحجارة شبه الكريمة كالزمرّد والزبرجد. والراديوم هو العنصر المشع الذي اكتشفته ماري كوري؛ كما إن أحد نظائر السترنشيوم، السترنشيوم-٩٠، هو أحد المكونات الخطرة للسقوط النووي، لكنه يُستخدم أيضاً في معالجة سرطانات الجلد. وجميع فلزات الأثرية القلوية ذات لون أبيض فضي في حال النقاوة؛ وخصائصها الكيماوية شبيهة بخصائص الفلزات القلوية، لكنها أقل تفاعلية؛ والغلاف الخارجي لذراتها يحوي إلكترونين.



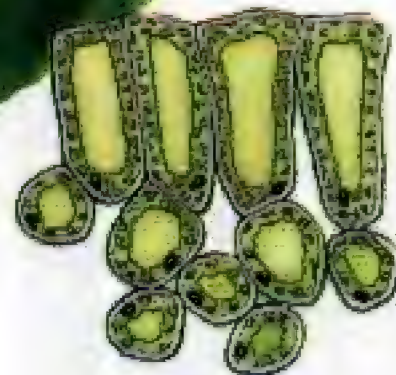
تتألف المجموعة ٢ من: البريليوم (بي) والمغنيسيوم (مغ) والكالسيوم (كا) والسترنشيوم (سر) والباريوم (با) والراديوم (د) المشع.

**ألوان الأسهم النارية**  
الألوان الزاهية التي تُشاهد في المفرقات الاستعرافية تُنتجها بصورة رئيسية فلزات الأثرية القلوية. فالمغنيسيوم يُستخدم في بعض الأسهم النارية لئولّد الضوء الأبيض الساطع، كما إن مركبات السترنشيوم تُنتج الألوان القرمزية، وتولّد مركبات الباريوم اللون الأخضر بظلاله المختلفة.

**السبائك الخفيفة**  
يُستخدم المغنيسيوم على نطاق واسع في سبائك هياكل الدراجات. ومن مقومات هذه السبائك أيضاً فلزات أخرى، كالألومنيوم والخرصين (الزّنك)، تجعلها خفيفة ومتينة.



التخضّر يكسب النباتات لونها الأخضر.



يوجد التخضّر في البلاستيدات الخضراء، وهي جسيمات دقيقة في خلايا النبات.

**المغنيسيوم الحيوي**  
التخضّر (الكلوروفيل) ضروري جداً للنباتات في عملية التخليق الضوئي (لتصنيع الكربوهيدرات). فالتخضّر يحوي مركبات المغنيسيوم التي تساعد النبات في أسر الطاقة الشمسية ليُقوم بعملية التخليق.

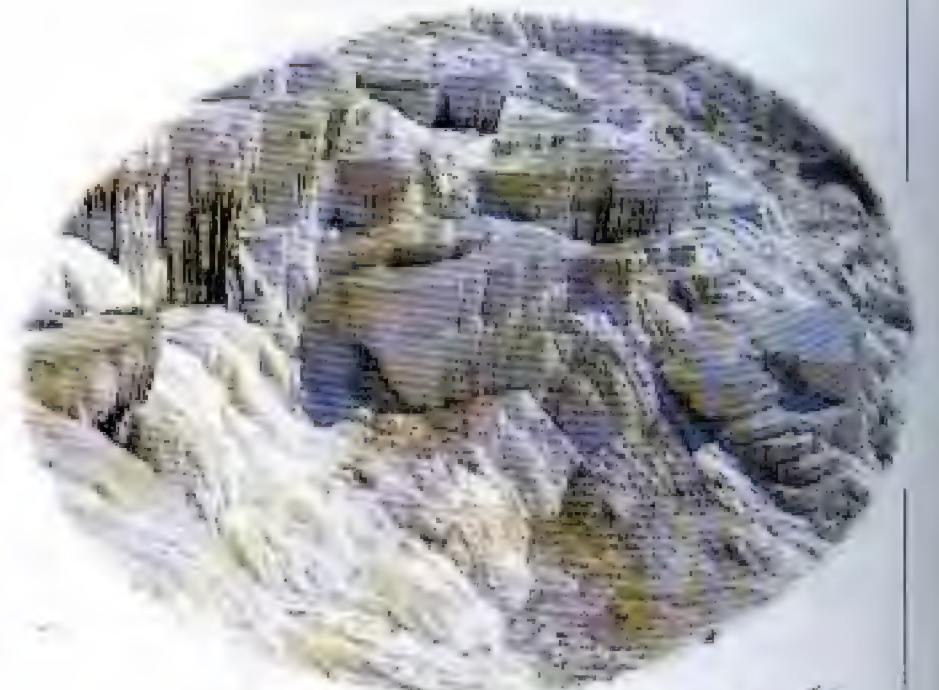
## كالسيوم العظام

الكالسيوم عنصر قوامي رئيسي في العظام حيث يوجد فيها مركباً كسفات الكالسيوم. وهذه تكيّف العظام صلابة لبنني هيكلية الجسم وتقي أجزاءه الأخرى.



## وجبة الباريوم

يُعطى بعض المرضى في المستشفيات «وجبة» تحوي كبريتات الباريوم قبل التصوير بالأشعة السينية (أشعة إكس). وهذا المركب غير مُنفذ لأشعة إكس - مما يظهر الجهاز الهضمي بوضوح على الصورة؛ فيُسّر للأطباء تشخيص الحالة وتحديد العلة.



## شلالات طباشيرية

في ينابيع باثوكال الحارة بتركيبا يُثبِق الماء الساخن متصاعداً نحو السطح لينساب شلالات فوق الصخور المكثفة. فإذا كان محتوى الماء من الطباشير الذوّابة (بيكربونات الكالسيوم) وفيراً، يأخذ هذا بالترسّب بعد تبخّر الماء ذلّوات (ج. ذلّة) من الطباشير غير الذوّابة (كربونات الكالسيوم).

## لمزيد من المعلومات انظر

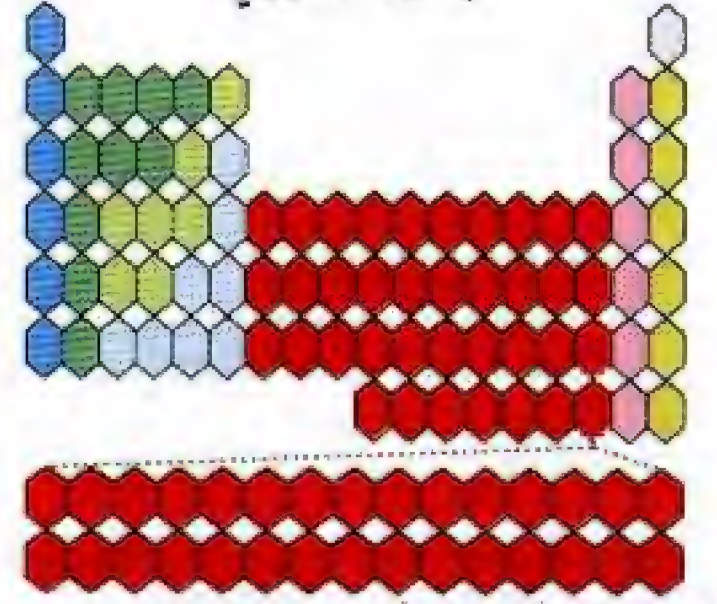
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- القلويات والقواعد ص ٧٠
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الفلزات الانتقالية

الحديد والنيكل والفضة والذهب فلزات نموذجية، وهي بَرَّاقَة صُلْدَة مَتيْنَة، ومُوصِلات جيْدَة للحرارة والكهرباء، وذات درجات انصهار عالية. وهي، في الجدول الدوري للعناصر، مع معظم الفلزات النموذجية الأخرى، تؤلّف كتلة مركزيّة من العناصر تُدعى الفلزّات الانتقالية. إنّ كلّاً من هذه العناصر شبيهٌ جداً بالعناصر التي تُجاوره في الجدول الدوري. وبالإضافة إلى كونها فلزّات نموذجية، فللعناصر الانتقالية خصائص أخرى مُشتركة. فالكثير منها ذو تكافؤ مُتغيّر، والكثير منها حفازات تفاعل جيّدة، كما إنّها تشكّل سبائك مَتيْنَة مع فلزّات أخرى، والكثير من مركّباتها مُلوّن.

## الجدول الدوري



هناك كثرة من الفلزّات الانتقالية؛ بعضها معروفٌ مألوفٌ والبعض الآخر نادر جداً. وتتضمّن الفئة الأكثر شهرةً الحديد (ح) والكوبلت (كو) والنيكل (ني) والنحاس (نج) والخرصين (خ) والفضة (ف) والكاديوم (كد) والتنجست (تن) والبلاطين (بت) والذهب (ذ) والزنابق (بق).



## شَمْعَة إشعاع

يُصنّع الجسم الرئيسي والإلكترو السطحي إشعاع الإشعاع (بالشَّرَر) من الحديد. أمّا الإلكترو الأوسط فيصنّع غالباً من سبائك النحاس.

تُصنّع نوابض التعليق من الفولاذ الذي يحوي نسبةً متوسطةً عاليةً من الكربون. وهو يصدّق ويُعالج بالحرارة لزيادة قوّته ومقاومته.

يُصنّع بدن المحرك (الذي يحوي الأسطوانات حيث يُلهب مزيج الوقود) من حديد الصب، وهو يحوي نسبةً متوسطةً عاليةً من الكربون وشوائب أخرى، كما إنّ رخيض الثمن ومقاومٌ جيّد للصدمات.

يُحوي المُولّد، وهو جهاز توليد الكهرباء في السيارة، ملفّات من أسلاك النحاس الرفيعة. وفي أماكن أخرى من السيارة، قد يبلغ طول أسلاك النحاس التي تُوصّل مُقوّماتها الكهربائية حوالي ١٠٠ متر.

تُصنّع نوابض الصمامات، التي تحكم صمامات تنظيم سريان مزيج الوقود، من الفولاذ الممزوج بالكروم والتيتانيوم لكي تُصنّف لدرجات الحرارة المرتفعة، وتدوم لفترة أطول.

## الفلزّات الانتقالية في السيارات

السيارة مثّل جيّد على شيء مُصنّع من فلزّات انتقالية عديدة. فهيكّلها يتألّف من الفولاذ المطاوع، وهو حديد به قليل من الكربون. ويحوي الفولاذ أيضاً مقادير ضئيلة من المنغنيز لتحسين نوعيته ومقاومته. وقد يُغلّف الهيكل الفولاذي (أي يطلّى بالزنك) لوقايته من الصدأ.

تُصنّع دهانات السيارات غالباً باستخدام مركّبات الفلزّات الانتقالية. فقد يحوي الدهان الأبيض ثاني أكسيد التيتانيوم؛ والدهانان الأحمر والأصفر قد يحويان كبريتيدات الكاديوم.

يُطلّى عاكس المصباح الأمامي غالباً بالكروم. فيه تبيّن الطليّة النهائية الصفيّة والصّلب فوق طبقات أساس من النيكل والنحاس.

تُحوي بُصيلة مصباح الإضاءة قنبلة من التنجست الذي يحتفظ بمقاومته على درجات حرارة الإبيضاض (حوالي درجة ١٦٠٠°س)، ويدوم طويلاً.

يُستخدم الفولاذ الذي لا يصدأ، وهو حديد مُرشّب بالكروم والنيكل، للرؤخاف في أماكن مختلفة؛ كما يُستخدم في صنّع أنابيب الانفلات أحياناً.

## الخرصين (الزنك)

يُستخدم الخرصين كثيراً في البطاريات. فهو يُشكّل الغلاف الخارجي في البطاريات الجافة

كبطاريات مصابيح الجيب. أمّا بطارية الزنك القُرصية الصغيرة، فالخرصين في دواخلها.

بطارية عادية منزوعة البطاقة الخارجية لتبيان الغلاف الخرصيني.

بطارية من النوع الذي تُجدّه داخل بعض الساعات.



## الفلزّات المغنطيسية

الحديد والكوبلت والنيكل يمكنُ مغنطتها بقوّة. المغناطيس الكهربائيّة ذات قلب من الحديد

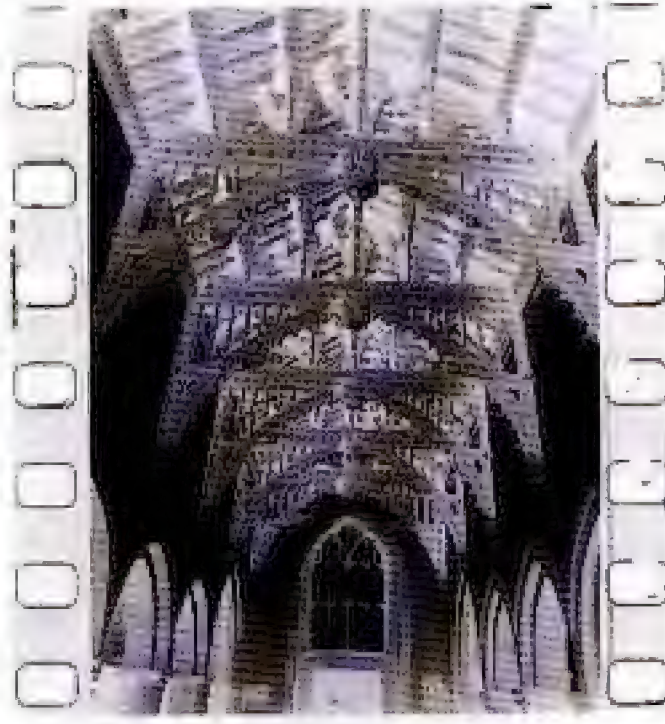
المطاوع يتمنّط بقوّة عند إمرار الكهرباء في الملفّات التي تُحيط به. وتُستخدم المغناطيس الكهربائيّة لنقل فضلات الحديد الهالكة والحُرْدَة، فنلتقط هذه الفضلات عند وصل الدارة الكهربائيّة وتنفّط عند قطعها.

## الحديد ضروري للحياة

بعض المركّبات الحاوية الحديد ضرورية للكائنات الحيّة. ففي الثّياب، تُسهّم مركّبات الحديد في تكوين اليخضور (الكلروفيل) الأساسي في عملية التخليق الضوئي. وفي اللّبنونات يتواجد الحديد في هيموغلوبين (يخْمُور) كريات الدم الحمراء؛ وهو يحيل الأكسجين إلى مختلف أنحاء الجسم.







## الفضة

الفضة فلزٌ ثمين، استخدم في صناعة الحلي منذ آلاف السنين. ويستخدم اليوم على نطاق واسع في صناعة التصوير الفوتوغرافي، لأن مركباته مع الكلور والبروم واليود حساسة جدًا للضوء، وهي تولد المقومات الفعالة على سطح الأفلام الفوتوغرافية. تتأثر مركبات الفضة كيميائيًا بالضوء وتتغير؛ ويستبان هذا التغير في عملية التظهير حيث تحول مركبات الفضة المتأثرة بالضوء إلى فضة نقية تولد حبيباتها الصغيرة مناطق السلبية الفوتوغرافية القائمة.

## البلاتين

البلاتين فلزٌ نفيس يُستخدم في صناعة الحلي كما الذهب والفضة. وتعود نفاسه إلى كونه نادرًا وجذابًا؛ كما أنه لا يصدأ ولا يتلى؛ لذا يُستخدم أيضًا في صناعة الالكترودات والذرات الإلكترونية - التي لن تعمل كما ينبغي إذا صيدت أسلاكها أو انكثت. أما الاستعمال الرئيسي للبلاتين في الصناعة فهو كحافز كيميائي يُسرّع التفاعلات الكيميائية كما في تكسير المنتجات النفطية.



يتألف هذا  
الإلكترود  
المربّع الصغير  
من البلاتين.  
وهو فعال يدوم طويلًا  
ولا يصدأ.

## الفلزات الطبيعية التواجد

معظم العناصر لا يتواجد طبيعيًا (في حالة النقاوة) في قشرة الأرض، ما خلا بعض الفلزات الانتقالية، كالنحاس والفضة والذهب والبلاتين. وقد قلّ الذهب على مدى القرون أكثر الفلزات نقاسة؛ فهو أحد العناصر الأقل تفاعلية كيميائيًا في الجدول الدوري. وفي الصورة المقابلة سبائك ذهبية نقاوتها ١٠٠٪ تقريبًا، وهي لا تفقد بريقها أبدًا.



تُرَقَّم السبائك  
الذهبية لأسباب  
أمنية.

صورة ملونة

باشعة إكس لفصل  
الزرك التيتانيومي  
مُثبتًا في مكانه.

مفصل الزرك التيتانيومي هذا لن  
يتفاعل كيميائيًا مع ما يحيط به من  
الانسجة حين يُثبت في مكانه.



## التيتانيوم

التيتانيوم فلزٌ متين قوي عديم التفاعلية. لذا فهو يُستخدم لاستبدال مفاصل الزرك ولأي أجزاء أخرى تُغرس في الجسم لإرباب أو استبدال العظام المعطوبة.

### لمزيد من المعلومات انظر

- النشاط الإشعاعي ص ٢٦
- الحفازات ص ٥٦
- الحديد والفولاذ ص ٨٤
- السبائك ص ٨٨
- الأصباغ والخضب ص ١٠٢
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الكهرمغناطيسية ص ١٥٦
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



اليورانيم

## اليورانيم المنقى

اليورانيم أشهر  
الأكثيدات، فهو الوقود  
المستخدم في المفاعلات  
النووية. يُستخرج  
اليورانيم من البشبلند؛  
ويجري تعدين هذا الخام  
بمراقبة وجرح شديد.

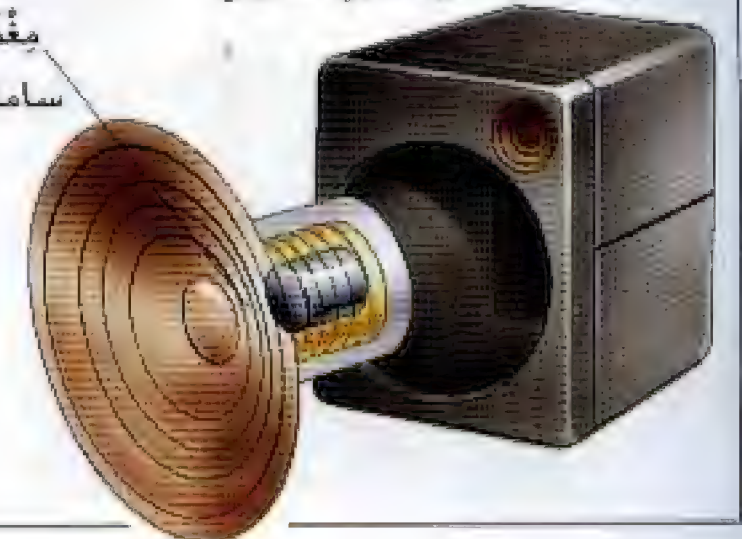
## بطاريات غاليليو

السابر الفضائي  
الأمريكي، غاليليو، المُشجّه نحو المشتري، مُزوّد  
بطاريات نووية (تُدعى مولّدات كهروحرارية بالنظائر  
المُشعّة) يُولّد بها البلوتونيوم بالطاقة اللازمة.

## الساماريوم في المغناطيسات

المغناطيسات في المجهر تُساعد في بث الصوت.  
فالساماريوم، من اللّثانيدات، والكوبلت ينتجان  
مغناطيسات قوية جدًا تمكّن من صنع مجاهر أصغر كثيرًا  
مُجهزة بمعايير من هذين الفلزّين.

مغناطيس  
ساماريومي

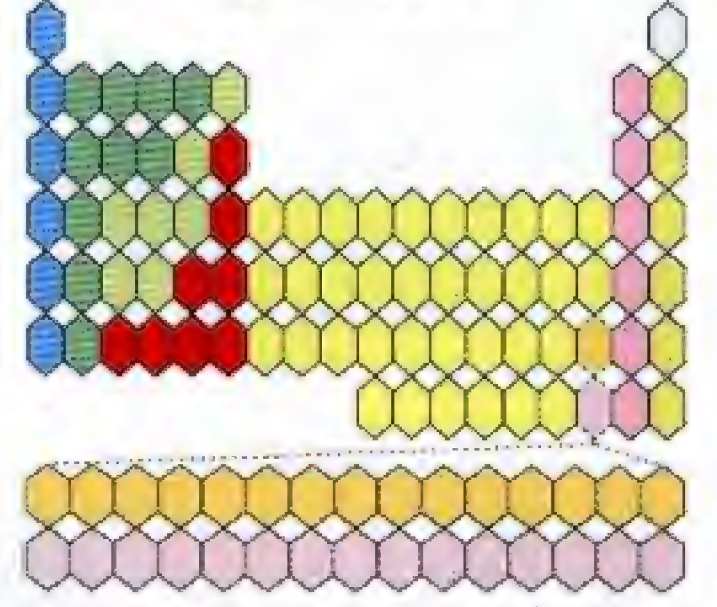




# الفِلِزَّاتُ الوَضِيعَةُ

بعض الفِلِزَّات رِخْوَةٌ ضعيفةٌ مُقاومةٌ الشَّدَّ سهلةٌ الانصهار؛ ورُغْمَ تسميتها بالوضعية فإنها عظيمةُ الفائدة. استُخدمَ الناسُ القصدير والرصاص مُنْذُ أقدم العصور لسهولة استخلاصهما من خاماتهما. وهما مُفيدان بخاصة في صنْعِ السبائك؛ فالبرونز، وهو مزيجُ النحاس والقصدير، كان أوَّلَ السبائك التي صاغها الإنسانُ حوالي العام ٣٥٠٠ ق.م. وقد عُرفتْ سبائكُ اللّحام والپيُوتِر (سبيكة الأواني المنزلية) القصديرية الرصاصية لاحقاً. واستخدمَ الرومانُ القُدَامَى الرصاص، وهو أحدُ أكثف الفِلِزَّات الشائعة، في شبكات المياه، كما ما زلنا نستخدمه اليوم. لكنَّ استخدامَ الرصاص ينطوي على خطر التسمُّم إذ إنَّ سُمِّيَّتَهُ تراكميةً في الجسم. ومن الفِلِزَّات الوضعية أيضاً الألومنيوم - أحدُ الفِلِزَّات الأخفَّ (الأقلَّ كثافةً)، وهو سهلُ التشكيل ومُقاومٌ للتأكسد.

## الجَدُولُ الدَّوْرِي



الألومنيوم (لم)، الجاليوم (جا)، الإنديوم (ند)، الثاليوم (ثل)، القصدير (ق)، الرصاص (صا)، البرموت (بز) والپولونيوم (بن)



يُصنَعُ هيكلُ الطائرة وأسطحها من صفائح مُرشَّمةٍ معاً من سبائك الألومنيوم. والألومنيوم يتفاعلُ بسرعة مع أكسجين الهواء مُكوِّناً طبقةً واقيةً تمنع استمرار التأكسد؛ لذا فهو لا يحتاج طبقة دهانٍ تقيه من التآكل كالحديد.

جناح الطائرة أجوفٌ غدا بضعة «أضلاع» تثبت أسطحه الألومنيومية الخارجية في مواقعها. وهذا يُخفِّفُ وزنَ الطائرة إلى الحد الأدنى.



## ثَقِيلٌ كَالرَّصَاصِ

كثافة الرصاص عالية، لذا فهو حائلٌ جيّدٌ ضدَّ الإشعاع. ويُستفادُ من هذه الخاصية في المراكز النووية وأقسام الأشعة السينية في المستشفيات، حيث يلبس العاملون مآزرَ مُرَصَّصة. تُحضَّرُ هذه المآزرُ بشي مزيجٍ من مسحوق الرصاص مع مادة لينة للحصول على صفائح مرنة قابلة للإنثناء. ومنها تُقَصَّ الأردية والمآزر بالشكل المناسب.



قد يتسبَّبُ خُرْدُ الرصاص (من بنادق الصيد) بتلوث الترابي؛ فالطيور التي تبتلعُه تتسمَّمُ به تدريجياً.

## الرَّجَاجُ المُرَصَّصُ

بريقُ البلّور يتجّ من إضافة أكسيد الرصاص إلى الزجاج. والرصاص أيضاً يُطَرِّي الزجاج البلّوري فيسهلُ نَقْشُه وحفرُ التصميم البراقِ عليه.



لمزيد من المعلومات انظر
البنية الذرية ص ٢٤
الجداول الدورية للعناصر ص ٣٢
سلسلة التفاعلية ص ٦٦
الكهرلة (التحليل الكهربائي) ص ٦٧
الألومنيوم ص ٨٧
السبائك ص ٨٨
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



## الاستخدامات الكهربائية

الألومنيوم مُوصِّلٌ جيّدٌ للكهرباء، وهو يُستخدمُ في شبكات خطوط النقل الكهربائية العالية التوتر المحمولة على أبراج ضخمة في طول البلاد وعرضها. وهذه الخطوط (الكبُول) ذات قلب فولاذي يَكْسِبُها متانة وقوة.

## عَلَبٌ مُقَصِّدَرَةٌ

يُستخدمُ القصديرُ النقيُّ على نطاقٍ واسعٍ في طلاء الفولاذ لِصُنْعِ صفائح الصّاجِ إمّا بغمِّره في القصدير المُنصهر أو بالكهرلة (التحليل الكهربائي). عَلَبُ التَّنَكِ العادية تُصنَعُ من صفائح الصّاجِ، أمّا غالبية عَلَبِ المشروبات فتُصنَعُ من الألومنيوم.



## سبائك القصدير والرصاص

يُستخدمُ الپيُوتِر، سبيكة القصدير والرصاص، في صنْعِ الأباريق المعدنية والزخارف. أمّا سبائك اللّحام فيمزجُ مختلف من القصدير والرصاص يُستخدمُ في لحام الفِلِزَّات لِوَصْلِ الأنابيب والدَّارات الكهربائية.



للقصدير شكلان أبيض ورمادي. ويتحوَّلُ الشكل الأبيض إلى الشكل الرمادي المسحوق على درجات الحرارة الخفيفة. وقد غرقت الحضارات القديمة القصدير، وجرى سبكه مع النحاس لإنتاج البرونز واستخدمَ البرونز في صناعة الخيل وفي صناعة الأدوات لاحقاً.



# أشباه الفلزات

معظم العناصر الكيماوية ذو خصائص مُعيَّنة تُميِّزه وتُحدِّد وَضْعَهُ مع الفلزَّات أو مع اللافلزَّات. لكنَّ بضعةً منها ذاتُ خصائصَ تَصْعُهَا بَيْنَ بَيْنٍ، وهي المعروفة بأشباه الفلزَّات أو شبه الموصَّلات. فالزُّرْنِخُ، مثلاً، فِلِزِّي المَظْهَرُ لكنَّه مُوصِّلٌ رديءٌ للحرارة ولل كهرباء؛ وهو، كما اللافلزَّات، يُكوِّنُ مركباتٍ مع كثير من الفلزَّات. ويُستخدَمُ الكثيرُ من أشباه الفلزَّات في السِّبَّائِك، فالسِّليكون، مثلاً، هو أحد أهمِّ المقوِّمات المضافة إلى الحديد لصنع الفولاذ، والإثْمِد (الأنثيمون) يشكِّلُ جُزْءاً من سبيكة مَحَامِلِ الكُرِّيَّات.

أما الإِستخدامُ الأهمُّ لأشباه الفلزَّات فهو في أشباه الموصَّلات المستعملة حالياً في صُنع الرِّقَاقَات الصُّغْرى ومَقوِّمات إلكترونية أخرى.



## السليكات

السليكون هو أكثر العناصر الجامدة وفرةً في مادة الأرض. وأكثرُ تواجدِهِ على شكل مُركَّباتٍ مُعَقَّدة، تُدعى السِّليكات، في الصلصال والصخور. والبلُّورة أعلاه هي من سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم، المعروفة بالفلسبار، أحد أوسع معادن الأرض انتشاراً.

## الجدول الدوري



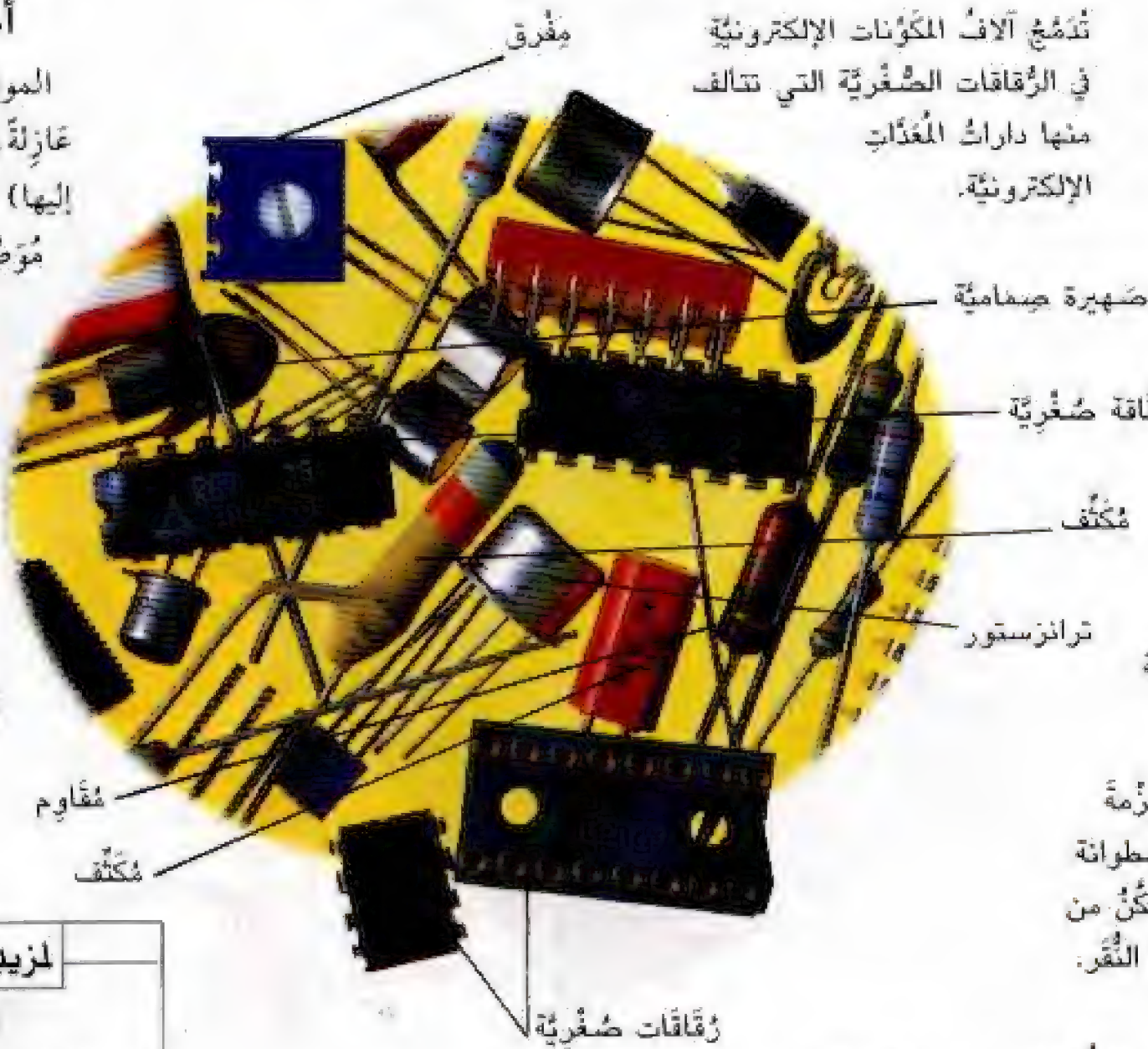
البورون (ب)، السليكون (س)، الجرمانيوم (جر)، الزرنيخ (ز)، الأنثيمون (نت)، السليكون (سل) والتلوريوم (تل)

## البورون والسليكون

يُصنع الرُّجَاج من الرَّمْل، أحد أشكال معدن السليكا (ثاني أكسيد السليكون). والرَّمْل (الكوارتز) هو معدن آخر من السليكا كثيراً ما يوجد كبلُّورات جَدَّابة. الرُّجَاج الصَّامِد للحرارة يحوي شبيبة فلز آخر هو البورون الذي يُحدُّ من تَمَدُّد الرُّجَاج كثيراً وتَشَقُّقِهِ عند الإخْماء، فيُمكن وَضْعُ الكَفِّ من رُّجَاج البوروسيليكات على الموقد مباشرةً. لذا تُصنع الأواني الرُّجَاجية المخبرية من هذا النوع من الرُّجَاج.

## أشباه الموصَّلات

المواد التي يمكن أن تصبح مُوصِّلة أو عازِلة، تبعاً لما تُعالَجُ به (أي يُضاف إليها) من مواد أخرى، تُدعى أشباه موصَّلات. والسليكون هو أكثرُ أشباه الموصَّلات استعمالاً - مُعالِجاً بالبورون أو الفسفور. وتُستخدَمُ أشباه الموصَّلات في صُنع بَائِظَات كالدائِدات (الصمامات الثنائية) والترانزستورات، يُمكنُها إِمْرَارُ التَّيار الكهربائي أو تَقْوِيَتُهُ أو كَبْحُهُ.



تَدْمِجُ آلافِ المكوِّنات الإلكترونية في الرِّقَاقَات الصُّغْرى التي تتألف منها دوائرُ المُعْدَّات الإلكترونية.

صهيرة صمامية

رُقَاقَة صُّغْرى

مُكثِّف

ترانزستور

مُقاوِم

مُكثِّف

رُقَاقَات صُّغْرى

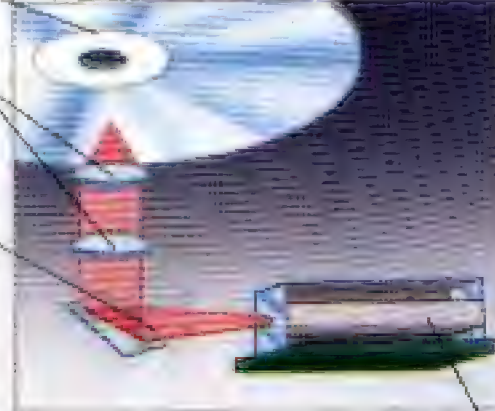
## الخلايا الشمسية

تُصنَّعُ السَّوَاتِلُ غالباً لتَبْقَى في الفضاء سنواتٍ عديدةً. والبطاريات العادية لا تدوم طويلاً، فهي بالتالي لا تصلح لهذه السَّوَاتِل. لذا تُستخدَمُ مَوْطِرَاتُ كبيرة من البطاريات الشمسية. وهذه المَوْطِرَاتُ الشمسية تحوي ألواحاً من خلايا السليكون الدقيقة، التي تحوِّلُ طاقة ضوء الشمس مباشرةً إلى كهرباء. وتُوضَعُ المَوْطِرَاتُ بحيث تظلُّ دوماً في مواجهة الشمس؛ ومع دوران السَّاتِلِ حَوْلَ الأرض، يمكن تحويل الكمية القصوى من ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية.

أسطوانة (قرصية) مُدْمِجَة

غُدْسَاتُ خَاصَّة تُركِّزُ الليزر.

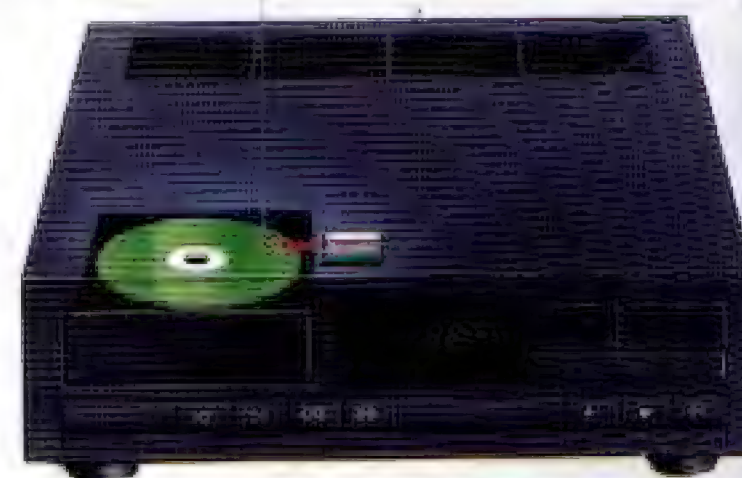
تَعكُّسُ المِرْآةِ حُرْمَة الليزر على الأسطوانة بحيث تتمكَّن من «قراءة» النُّقَر.



تُخَرِّضُ ذُرَّاتُ في زرينيخيد الجاليوم على ابتعاث الضوء الذي يُفَلِّئُ بعضُهُ مُضْحَماً كحُرْمَة ليزرية.

## الأسطوانات المُدْمِجَة

تُسَجِّلُ الموسيقى كَنَقَرٍ على الأسطوانة المُدْمِجَة، وتتم «قراءتها» بواسطة حُرْمَة ليزرية خفيفة القدرة. والليزر (تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المُنَشَّط) هنا هو ليزر دايودي (شبه موصلي) يَبْتَعِثُ زرينيخيد الجاليوم. والدايود هو نبيطة مُعالِجَة لإمْرَارِ التَّيار في اتجاه واحد فقط. هذا وتُستخدَمُ الليزرَاتُ الدَّايودية أيضاً لِبَيِّنِ الإشارات في خطوط الهاتف الأليافية البصرية.



## لزيد من المعلومات انظر

- البليورات ص ٣٠
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الرُّجَاج ص ١١٠
- تَضْمِيمُ المَوَادِّ ص ١١١
- الكهرباء التَّيارية ص ١٤٨
- مَقوِّمات إلكترونية ص ١٦٨
- الصُّخُور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

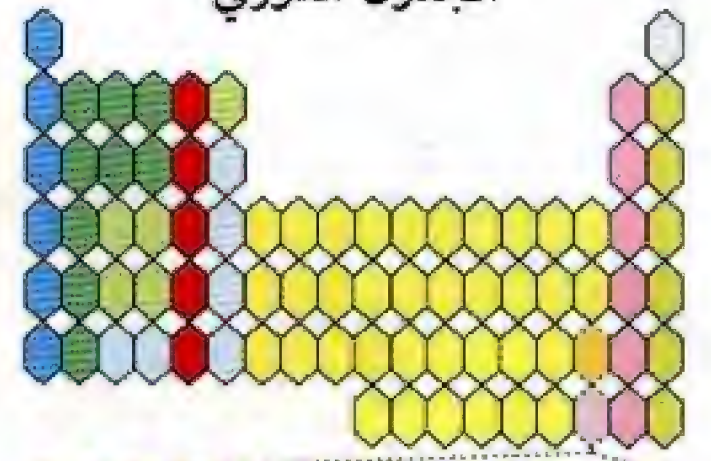


# الكربون



لا بقاء لكائن حي نباتاً كان أم حيواناً بدون الكربون. فالكربون في أجسادنا، وفي طعامنا وفي الهواء من حولنا. كيميائياً، تستطيع ذرة الكربون الترابط مع ما قد يبلغ أربع ذرات من عناصر أخرى، أو مع ذرات أخرى من الكربون، بحيث يتواجد في الطبيعة من مركبات الكربون أكثر مما يوجد من مركبات كافة العناصر مجتمعة. والكربون عنصر لا فلزي، يوجد نقياً في الطبيعة على شكل ألماس وجرافيت، أو مركباً كما في الصخور الكربونية كالطباشير، والوقود الأحفورية كالقحم، وثاني أكسيد الكربون في الهواء. عند

## الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٤ من: الكربون (ك) والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) والقصدير (ق) والرصاص (صا)

## المشروبات الفوّارة

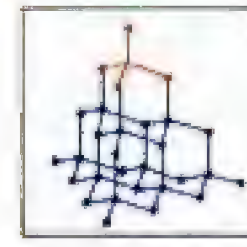
إنّ حبّ المشروبات الفوّارة هو فقاع ثنائي أكسيد الكربون؛ فهذا الغاز مذاب فيها تحت الضغط، وبزوال الضغط يتطوّل منها حبّاً وفقاع.

## أشكال الكربون المختلفة

للوهلة الأولى، يبدو الألماس مختلفاً جداً عن الجرافيت، فالألماس صلب وصافٍ، والجرافيت لين ورماذي؛ لكنهما شكلاّن تأصليّان للعنصر نفسه. ويؤلف الكربون أيضاً قسماً كبيراً من القحم؛ فالقحم عندما يحترق يتحوّل إلى وقود لا دخاني هو الكوك. أمّا القحم النباتي، فحم المناقل، فهو كربون يحترق الخشب جزئياً، ومثله فحم العظام.

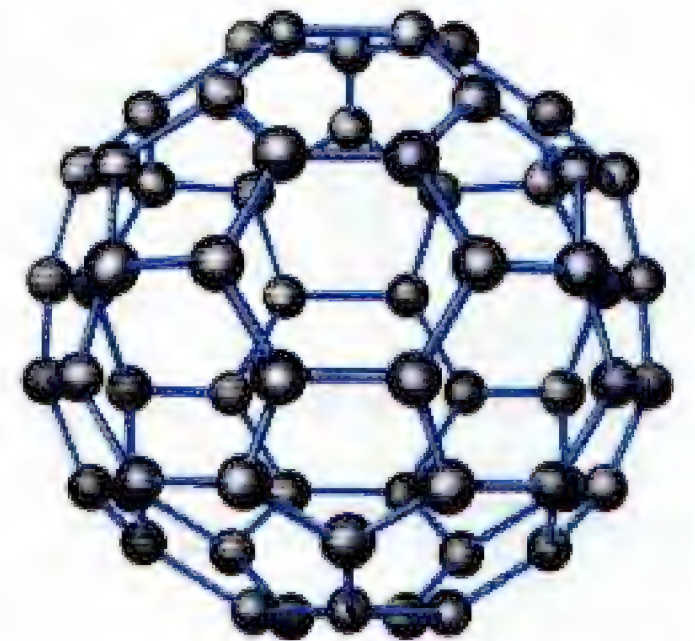


الانتراسيت، أفضل أنواع الفحم، إذ تزيد نقاوته على ٩٠٪.



في الألماس، ترتبط كل ذرة كربون مع أربع ذرات أخرى من الكربون.

الألماس أشد المعادن المعروفة صلابة.



## كريات بكمستر الكربونية

عام ١٩٩٠، اكتشف العلماء شكلاً تاصلياً ثالثاً للكربون، عدا الألماس والجرافيت. ونشبه البنية الجزيئية لهذا الشكل كرة القدم أو الشفّ المقيّب ليمتدّ مدرج صممه المهندس الأمريكي بكمستر فولر، فدعي شكل الكربون هذا باسمه - بكمستر فولر؛ كما يدعى الجزيء الواحد منه أحياناً «باكبول» - أي كرة بكبي.

## الألياف الكربونية

تُحمى ألياف الأنسجة العضوية لتحضير خيوط حريرية النعومة من الكربون النقي. وتتمزج هذه الألياف بمواد أخرى كاللدائن لتخليق مواد مؤلّفة خفيفة ومتينة جداً. ويستخدم من مؤلفات الألياف الكربونية هذه في صناعة الأدوات والأشياء التي تتطلب خفة ومقاومة - من مضارب التيس حتى الطائرات الصغيرة.



## الألياف

الكربونية أرفع بكثير من شعر الإنسان، لكنها أقوى من الفولاذ بشماني مرات.

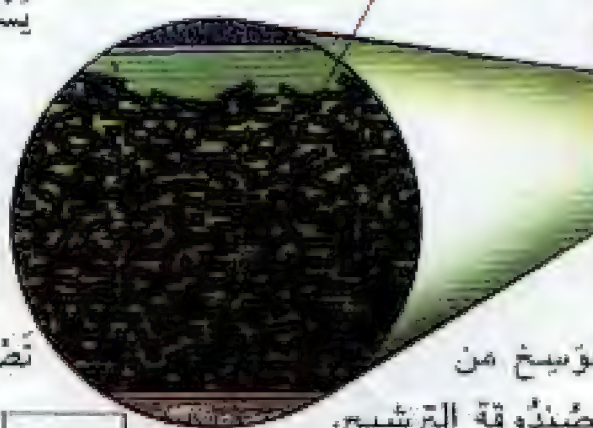
إطارات مضارب التيس المصنوعة من الألياف الكربونية أخف وأمتن بكثير من الإطارات الخشبية.



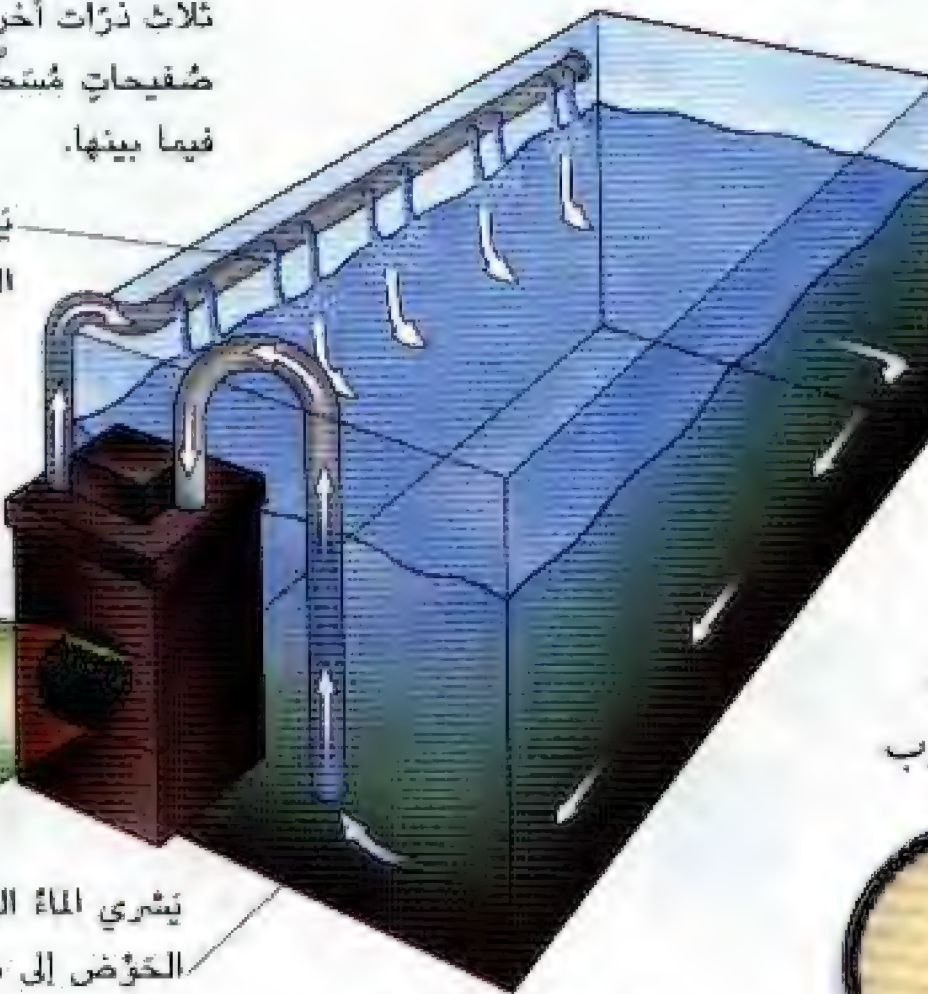
## الكربون الكهربائي

الكربون عنصر لا فلزي غير عادي بين اللافلزات لأنه موصل جيّد للكهرباء. ففي صناعة الفولاذ يُستخدم قطبان ضخمان من الجرافيت في فرن القوس الكهربائي كإلكترودين. ويندفع شرر القوس الكهربائي وهيّجاً «متفاجراً» بين الإلكترودين مُنتعاً حرارة شديدة. تظهر الخام والخردة الفلزية في الفرن.

يُختبّس القحم النباتي المنشط الأوساخ والشوائب.



يشري الماء الوسخ من الخوض إلى صندوق الترشيح.



## القحم النباتي المنشط

القحم النباتي المنشط ذو قدرة إمتزازية عالية، أي إنه يجذب المواد إلى سطحه، فيمكنه بذلك إزالة الغازات السامة والروائح الكريهة من الهواء. لذا يُستخدم هذا القحم في كمّات الغاز ومنظومات التهوية في العربات الفضائية وكمّات مواقد الطبخ؛ كما يُستخدم أيضاً في تنقية السوائل، كالماء في أحواض السمك. فيمرّ ماء الحوض المشبع فوق القحم النباتي المنشط لإزالة أوساخه، ثم يُعاد نقيّاً إلى الحوض.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- الحديد والفولاذ ص ٨٤
- مُنتجات القحم ص ٩٦
- تصميم المواد ص ١١١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الكيمياء العضوية

الأقمشة ذات الألوان الزاهية التي لا تتبهت أصبحت ممكنة بفضل أصباغ الأنيلين.



العطريات (الأروماتيات)

والدهنيات (الأليفاتيات)

البنزين سائل عضوي لهوَب عديم اللون حاد الرائحة. والمركبات العضوية ذات البنية البنزينية الحلقية تُعرف بالأروماتيات. وقد كان الأنيلين أحد هذه المركبات (ويُعرف أيضًا بالبنزين الأميني) نقطة البداية لسلسلة كاملة من الأصباغ الزاهية المعروفة بالأصباغ الأنيلينية. أما المركبات العضوية التي تولفها سلاسل من ذرات الكربون، فوُثما حلقات، فتُعرف بالأليفاتيات.



تُحضَّر اللدائن بشعاعية أشعة ألفا في النفط.

زيت السيارات أحد مكونات النفط، ويُستخرج منه بالنقط.

## لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الهواء ص ٧٤
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- مُنتجات النفط ص ٩٨
- المكثورات ص ١٠٠
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- تصميم المواد ص ١١١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الكربون بالغ الأهمية، حتى لقد بلغ من أهميته أن أُفرد لدراسته علم قائم بذاته هو الكيمياء العضوية. ووصفت هذه الكيمياء بالعضوية لأنها كانت سابقًا تقتصر على دراسة الكائنات الحية (وهي كما نعلم تتألف من مركبات الكربون). أما اليوم، فالكيمياء العضوية تُعنى بدراسة جميع مركبات الكربون - عدا «اللاعضويات»، كالكربونات وثنائي أكسيد الكربون.

ويتميز الكربون عن سائر العناصر بقدرة ذراته الفريدة على الترابط فيما بينها بروابط مستقرة جدًا. لذا يمكنها تأليف سلاسل طويلة تضم مئات الألوف من ذرات الكربون. تُقسم المركبات العضوية إلى طوائف أهمها البروتينات والدهون والسكريات (الكربوهيدرات).

## الكيمياء الحيوية

المركبات الكربونية تنطوي على أسرار الحياة - حياة النبات والحيوان - على الأرض. فالحياة ممكنة فقط بفضل كيمياء الكربون الفائقة التعقيد والتنوع الجارية باستمرار في جميع الخلايا الحية.

## دورة الكربون في الكون

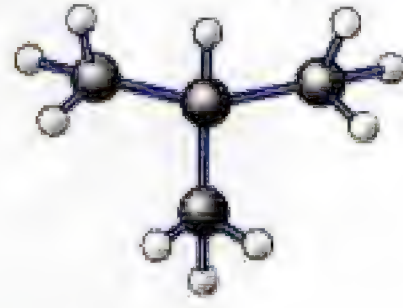
يُدور الكربون بين الهواء والحيوانات والنباتات والترية باستمرار، فيما يُعرف بدورة الكربون في الكون.



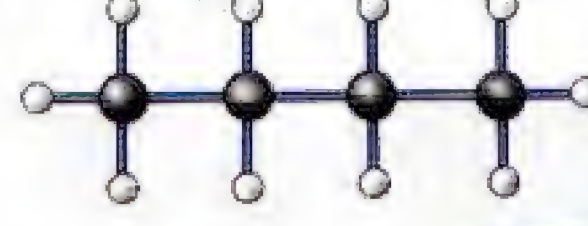
## الأيسومرات

### المُتماكبات (المتماثلة التركيب)

تُحوي بعض مركبات الكربون الذرات نفسها، فهي متماثلة التركيب، لكن خواصها مختلفة لأن ترتيب تلك الذرات فيها مختلف. وتدعى هذه المركبات المُتماكبات. فالبيوتان وبيروبان الميثيل-٢ هما مُتماكبان (أيسومران). ويحوي غاز القوارير دائمًا بعض بيروبان الميثيل-٢ إضافة إلى البيوتان، وكلاهما يتألف من أربع ذرات كربون وعشر ذرات هيدروجين.



بيروبان الميثيل-٢



البيوتان

### المكثورات اللدائنية

تتحد جزيئات المركبات الكربونية كالأينين لتشكل سلاسل ضخمة، هي نموذجية في اللدائن. فالجزيء من السلسلة يُدعى مَوْحودًا، والسلسلة بأكملها تُدعى مكثورًا. واللدائن المختلفة تتألف من مَوْحودات مختلفة.

### الزيت واللدائن

زيت توليق السيارات وأي لَدِينَة معروفة لا يدوان مُشابهين؛ لكن أشياء مُشتركة تجمع بينهما؛ فكلاهما مادة عضوية، كما إن مصدر كليهما واحد، هو الزيت الخام (النفط).

**الكيمياء العضوية**  
عام ١٨٠٨، اُستخدم جونز برزيليوس (١٧٧٩-١٨٤٨)، الكيميائي السويدي، مصطلح «الكيمياء العضوية» عابيًا بها كيمياء الكائنات الحية.  
عام ١٨٢٨، نجح فردريخ وفلر (١٨٠٠-١٨٨٢)، الكيميائي الألماني، بتحضير البوليئنا (البيوتان) وهي مركب عضوي طبيعي مخبريًا من مواد غير عضوية. ومنذئذٍ صارت الكيمياء العضوية كيمياء معظم مركبات الكربون، وليس مركباته الطبيعية فقط.  
عام ١٨٦٥، اشتوحى فردريخ كاكوله فون ستراونينز (١٨٢٩-١٨٩٦)، الكيميائي الألماني، فكرة البنية الحلقية للبنزين من رؤيته في المنام أفقى تغصّل دُنتها.

الصيغة الكيميائية للابئين (الأنيلين) هي:  $C_6H_5$ ، وهي تمثل العدد الإجمالي لذرات الكربون والهيدروجين. أما صيغته التركيبية فهي  $C_6H_5$  =  $C_6H_5$ ، وهذه تبين أن ذرتين من الهيدروجين ترتبطان مع كل ذرة من الكربون، وأن ذرتي الكربون مترابطتان برابط ثنائي.

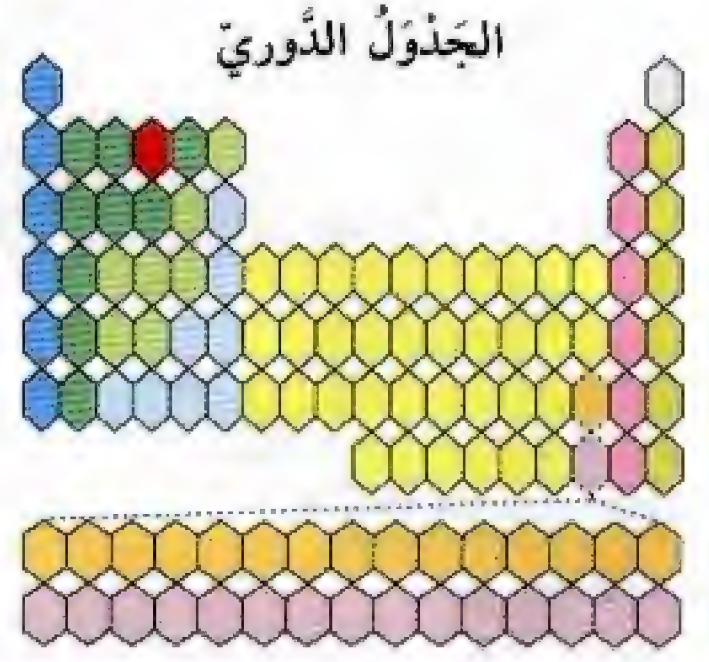


من ذرات الكربون المترابطة بروابط أحادية. وهذا يُنتج البوليئين اللدائني الذي صيغته  $(C_6H_5)_n$ ، و«ن» هي عدد تكرّر هذه الوحدة  $(C_6H_5)$  في المركب المكثور.



# النَّتْرُوجِين

النَّتْرُوجِين عُنْصُرٌ حَيَوِيٌّ أَساسِيٌّ كأحد المكوّنات الرئيسيّة لجِبِلّة (بروتوبلازم) الخلايا الحيّة في النبات والحيوان؛ وهو يشكّلُ حوالي ٨٠ بالمئة من الهواء الجوّي. والنتروجين غاز عديم اللون والطّعم والرائحة. ويمرّ النتروجين دومًا بمراحلٍ دوريّة تحفظه في الطبيعة حولنا - فيما يعرفُ بدّورة النتروجين. فالنباتات تأخذه من التّربة، والحيوانات تحصل عليه من أكل النباتات أو الحيوانات الأخرى. وعندما تموت النباتات والحيوانات وتحلّل، يعود النتروجين ثانيةً إلى التّربة. وفي الطبيعة يتواجد النتروجين مركّبًا في خامات معدنية ككثرات الصوديوم. يتألّف جُزْيُ النتروجين في الهواء، كما الأكسجين، من ذرتين، ورّمزه ن ٢. ويكوّن النتروجين مع الأكسجين عدّة أكاسيد، من ضمنها بعض مكوّنات الغازات المُنفلتة من عوادم السيّارات والمُلوّثة للبيئة.



تتألّف المجموعة ١٥ من: النتروجين (ن)  
والفسفور (فو) والزرنيخ (ز) والانتيمون  
(نت) والبرموت (بز)

## المتفجرات النتروجينية

المتفجرات مواد غير مُستقرّة تتحلّل أو تحترق بسرعة مُطلقةً حجمًا ضخمًا من الغازات وحرارةً شديدة، تمّدها مُنتجة موجة صدميّة ضاغطة مُدمّرة. مُعظم المتفجرات الكيماويّة كالتروغليسرين وثالث نيتريت الثولوين (ت ن ت) تحوي النتروجين. والتروغليسرين سائل زيتي فائق اللاستقراريّة يُمزج مع نوع من الصّلصال للحصول على الديناميت - الأكثر استقرارًا وأمانًا. وتُستخدم المتفجرات في صناعة القنابل.



يمكن استخدام المتفجرات  
بأساليب فائقة التحكم لهدم  
مبنى دون إلحاق الضرر  
بالمباني المجاورة.



## الأسمدة النتروجينية

يُضيف المزارعون الأسمدة النتروجينية إلى التّربة لتعويض النتروجين الذي استنفذته النباتات. السّماد الطبيعي (الرّبل) غني بالنتروجين؛ لكن يُفضّل العديد من الناس اليوم استخدام الأسمدة الاصطناعيّة، كالنترات وكبريتات الأمونيوم.

## النتروجين اللافعال

النتروجين غير فعال، لذا يُستخدم لعزل الأكسجين الشديد الفاعلية، في حاويات شتّى. فالإيثانول (الكحول العادي) قد يشتعل في مُحاذاة الأكسجين. لذا يُستخدم النتروجين لاستبعاده من صهاريج التخزين. كما تملأ علب المقلّوات القصيّة (القرشة) بالنتروجين، لاستبعاد الأكسجين الذي قد يتفاعل مع الدهنيّات فيها فتُبوخ وتفسد.

## النتروجين التّخديري

يُستخدم غاز أكسيد النيتروز الرّائحة كمُخدّر؛ ويُدعى «الغاز المضحك» لأنّه يُضحك بعض المرضى قبل غيابه عن الوعي. وفي القرن التاسع عشر كانت تُجرى عروض لاختبار تأثيرات الغاز المضحك في بيوتات خاصّة بلندن، للتسلية فقط. ثم أدرك العلماء لاحقًا إمكانية الاستفادة من هذا الغاز كمُخدّر.



## دورة النتروجين في الكون

مراحل تبادل النتروجين مستمرة دومًا بين الهواء والحيوانات والنباتات فيما يعرفُ بدّورة النتروجين في الطبيعة.



## النتروجين السائل

يُجمّد الطعام سريعًا باستخدام النتروجين السائل. فبعض الأطعمة كالقطائر بالجبن، مثلاً، توضع على سير الناقل في مُجمّد نفّقي. وأثناء تحركها تُبرّد أولاً بغاز النتروجين، ثم تُرذّ بالنتروجين السائل فتتجمّد.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الرّابط الكيماوي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الأمونيا ص ٩٠
- الكيمياء الزراعيّة ص ٩١
- المطر ص ٢٦٤
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

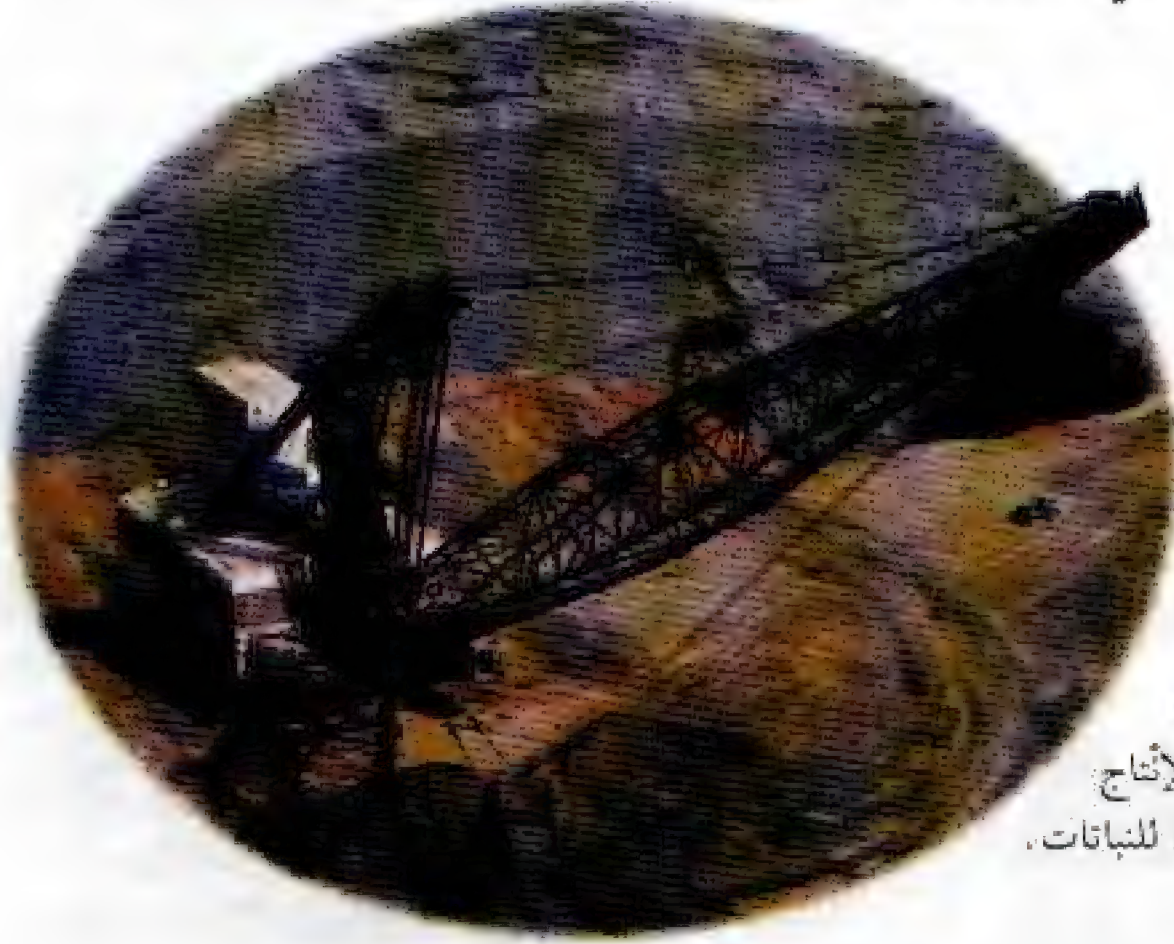


# الفُسفور

بعض المشروبات المرطبة كالكولا ذات طعم حاد، وذلك عائد لاحتوائها قليلاً من حامض الفسفوريك - الذي هو أحد مركبات الفسفور. والفسفور في شكله المألوف، جامد ضارب إلى الصفرة، شمعي القوام ذو شفافية طفيفة. والفسفور الأصفر هذا يتوهج في الظلام، وتعرف هذه الخاصية بالفسفر. وهو لشدة فاعليته يحترق تلقائياً في الهواء، لذا يُحفظ تحت الماء. والفسفور أساسي الأهمية للكائنات الحية - تستخرجه النباتات من التربة، وتحصل عليه الحيوانات من النباتات. والفسفور لا يوجد في الطبيعة منفرداً بل متحداً في مركبات الفسفات المعدنية، كفسفات الكالسيوم، التي يُستخدم معظمها في المخصبات الزراعية.



تتألف المجموعة ١٥ من: النتروجين (ن) والفسفور (فو) والزرنيخ (ز) والأنتيمون (نت) والبيزموث (بز)



## تَعْدِينُ الفُسفور

أهم خامات الفسفور هو الأباتيت (فسفات الكالسيوم الطبيعية) الذي يتواجد بأشكال عدة؛ وفراشه الرئيسية المعروفة هي في المغرب وتونس بشمال أفريقيا. وتستخدم كميات ضخمة من الصخور الفسفورية في صناعة الأسمدة الكيماوية، حيث يُعالج الصخر بحامض الكبريتيك لإنتاج الشوبرفسفات المخصب الأشهل إمتصاصاً للنباتات.



## الفُسفور والنور

يُحضّر الفسفور الأحمر بإخماء الفسفور الأصفر إلى درجات حرارة عالية، ثم يُدلفن صفائح. ويستخدم الفسفور الأحمر في إشارات الإنبعاث البحرية لإحداث أنوار شديدة السطوع. كما إنه يؤلف المادة الفعالة في عيدان القنابل. فقاب الأمان تشتعل فقط إذا حكّت على سطح يحوي فسفوراً أحمر، أما التي تحك أينما كان، فتحوي مركباً فسفورياً في رؤوسها.

فسفات الكالسيوم يؤلف جزءاً قوامياً من العظام والأسنان، لكنها تبدو في الطبيعة بلورات ذات ألوان متنوعة تدعى الأباتيت.



## أشكال الفُسفور التآصلية

للفسفور ثلاثة أشكال تآصلية رئيسية: الأصفر (الأبيض المصفر) والأحمر والأسود. في الرسم إلى اليمين، قُصبان وقطع من الفسفور الأصفر تتحول ببطء إلى الشكل الأحمر الأكثر استقراراً؛ كما يمكنك مشاهدة البقع القائمة على القُصبان. الفسفور الأسود، أكثر أشكال الفسفور استقراراً، ويُحضّر بإخماء الشكل الأصفر تحت الضغط.



## الفسفاتات

مساحيق (أو سوائل) الغسيل تحوي ثالث بوليفسفات الصوديوم الذي يُزيل غُسر الماء. وتعمل الفسفاتات من مياه المجاري والأسمدة والمُتطفات على تلويث الأنهار وتهديد حياة الكائنات فيها. إذ إنّ فرط المغذيات يؤدي غالباً إلى قُوط نماء البكتريا الحيوانية التي تستهلك الأكسجين في الماء. هذا وتُستخدم الفسفاتات العضوية لمكافحة الآفات كالحشرات والقوارض.



## اكتشاف الفُسفور

في القرن السابع عشر، استخلص الكيميائي الألماني، هينغ براند، الفسفور بتبخير ٥٠ دلوًا من البول، بالإغلاء وإخماء الفضالة مع الرَّمْل. وأسماه الفسفور (أي «حامل الضوء» باليونانية) لأنه يتوهج في الظلام. واحتفظ براند بسِر اكتشافه هذا، لكن روبرت بويل (١٦٢٧-١٦٩١)، الكيميائي الإيرلندي، أعاد اكتشاف الفسفور بعد ذلك ببضع سنوات.

## الفُسفور أساسي للحياة

مادة العظام والأسنان معظمها من فسفات الكالسيوم التي تكسبها صلابتها. وتتألف المجموعات الفسفورية جزءاً من د ن أ (الحامض النووي الريبي المُنقوص الأكسجين) المتواجد في نوى الخلايا والمتحكم بعملياتها. ويوفر المركب الفسفاتي: ثالث فسفات الأدينوسين - (أ ت ب) الطاقة في الجسم بالتحلل إلى ثاني فسفات الأدينوسين - (أ د ب) مطلقاً طاقته المخزنة لإنجاز نشاط حركي كانقباض العضل، أو فسيولوجي كتخليق البروتين العضلي.



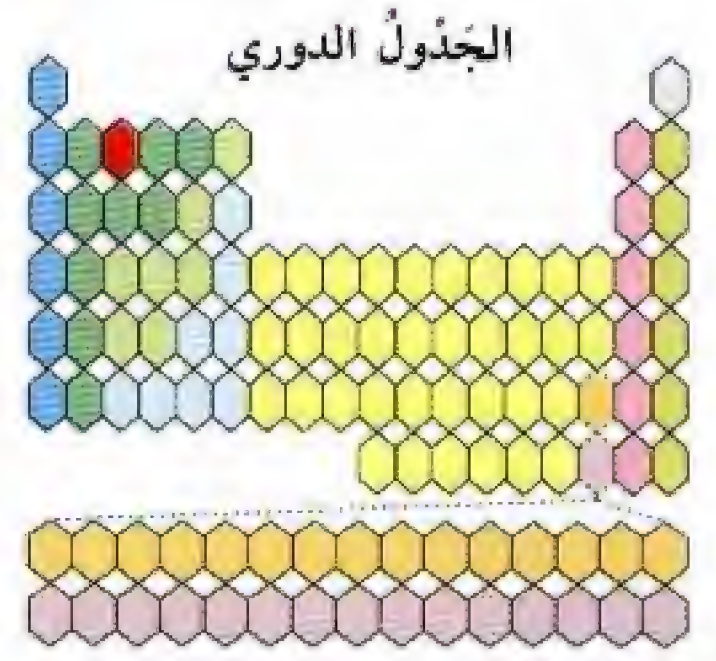
## لزيد من المعلومات انظر

- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- فلزات الأتربة القلوية ص ٣٥
- التروجين ص ٤٢
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- الكيمياء الزراعية ص ٩١
- الصابون والمُتطفات ص ٩٥
- الخلايا ص ٣٣٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الأكسجين

الأكسجين أكثر العناصر وفرة في الطبيعة، وهو غاز عديم اللون والطعم والرائحة؛ وبدونه لا بقاء للكائنات الحية على الأرض. فنحن نستنشق دوماً مع الهواء، الذي يؤلف الأكسجين خمس مزيجه، كما إنه موجود في العديد من الأشياء. ففي البحار، يتواجد الأكسجين مذاباً في الماء، كما يشكل جزءاً رئيسياً من تركيبه. وفي الصخر يؤلف الأكسجين جزءاً رئيسياً من معظم معادنه. يتألف الأكسجين العادي من جزيئات ثنائية الذرات (فرمزه  $O_2$ ). أما معظم الأكسجين في أعالي الجو، فشكل آخر منه يتألف جزيئه من ثلاث ذرات ويُعرف بالأوزون ( $O_3$ )، وهو يشكل طبقة واقية حول الأرض تحجب الأشعة الفضائية المؤذية. والأكسجين شديد الفاعلية الكيميائية؛ فما الإحترق والتأكسد والصدأ والتنفّس إلا بعض التفاعلات الكيميائية التي تحدث باتحاد مواد معينة مع أكسجين الهواء.



تتألف المجموعة ١٦ من: الأكسجين (أ) والكبريت (كب) والسيلينيوم (سل) والتلوريوم (تل) والبولونيوم (بن)



## القطع بالأكسجين

يُستخدم الأكسجين والأكسيتلين في قطع الفولاذ فاشتعال غاز الأكسيتلين في الأكسجين النقي يُنتج درجة حرارة، تزيد على  $3000^\circ\text{C}$ ، تُضهر الفولاذ تحت لهب الحملاج وتقطع بسهولة. ويُستخدم هذا الحملاج أيضاً في لحام الفولاذ - إذ ينصهر الطرفان المراد لحامهما في لهب شعلته، ثم يتركان ليبرد.

تفاعل الوقود مع الأكسجين لا يتم بدون الحرارة.



## الإحترق

يُبين «ثالث النار» هذا عوامل إيقادها، وهي الحرارة والأكسجين والوقود. فإذا فقد أحدها لا يمكن إيقاد النار، أو إنها تنطفئ بسرعة. لذا تُغطى نار المخبيم بالرمل أو الحصى لإطفائها، لأن الرمل أو الحصى يحجب عنها الأكسجين.

يجب أن يحوي الوقود مادة يمكنها الإشتداد مع أكسجين الهواء.

## الصخور الحمراء

يعتقد العلماء أن هواء الجو لم يتحو عنصر الأكسجين منذ نشأة الأرض؛ ويربطون بدايات وصوله بالتفاعل مع الحديد في الصخور - محوّلًا لونها إلى الأحمر. ويبلغ عمر هذه الصخور حوالي ٢٠٠٠ مليون سنة.

## الطبيعة الحية

في عملية التنفس تأخذ الحيوانات الأكسجين من هواء الجو (٢١٪ منه أكسجين)؛ لكن ذلك لا يُنقص نسبته في الهواء لأن النباتات تُعيد الأكسجين إلى الهواء ثانية في عملية التخليق الضوئي. أما الأحياء المائية، كالأسماك، فتتنفس الأكسجين المذاب في الماء.



جوزيف بريستلي

كارل شيل

## أكسجين الطوارئ

يُعطي المَرَضَى، الذين يعانون مشاكل تنفسية، كميات إضافية من الأكسجين، لتخفيف العبء على الرئتين وزيادة التنفس. وهذا يُساعدهم في التماثل للشفاء بسرعة أكثر.

## إكتشاف الأكسجين

عام ١٧٧٤، أعلن الكيميائي الإنكليزي، جوزيف بريستلي (١٧٣٣-١٨٠٤)، عن إكتشافه «الهواء الممتزج اللاهوب»؛ وكان كارل شيل (١٧٤٢-١٧٨٦)، السويدي، قد سبقه إلى مثل ذلك بسنو أو سنتين. فقد برهن شيل أن الهواء ليس عنصراً مفرداً؛ لكن لا أحد منهما أدرك حقيقة ما اكتشفه. وكان أنطوان لافوازييه (١٧٤٣-١٧٩٤)، الكيميائي الإفرنسي، فضل يُبين طبيعة هذا الغاز وتسميته الأكسجين، عام ١٧٧٥.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الرابط الكيميائي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسدة والإختزال ص ٦٤
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

## الصدأ

إذا تُرك الحديد والفولاذ مُعرّضين للهواء والرطوبة، سرعان ما تكسوهُما قُرارة بُنية - بُرتقالية اللون، هي الصدأ. والصدأ هو أكسيد حديدي ينتج عن تفاعل كيميائي بين الحديد والأكسجين والرطوبة.



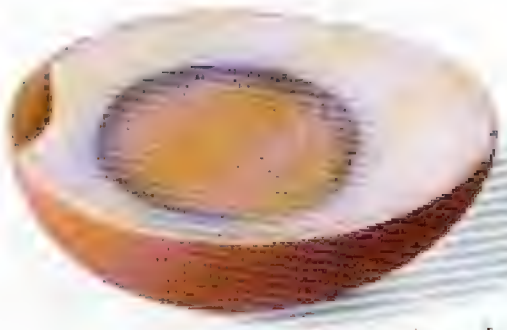
# الكبريت

الكبريت عُنصرٌ لافِلْزِيٌّ أَصْفَرُ اللَّوْنِ زَاوٍ يَتَوَاجَدُ فِي الطَّبِيعَةِ عَلَى شَكْلِ كَبْرَيْتِيَدَاتٍ (كَالْغَالِينَا - كَبْرَيْتِيْد الرِّصَاصِ وَالْپَايْرَايْت - كَبْرَيْتِيْد الْحَدِيدِ) أَوْ كَبْرَيْتَاتٍ (كَالْجَبْس - كَبْرَيْتَاتِ الْكَالْسِيُومِ الْمَائِيَّةِ). وَهُوَ مِنْ الْعُنَاصِرِ الْأَكْثَرُ فَاعِلِيَّةً، وَاسْتِعْمَالَاتُهُ وَمَشْتَقَاتُهُ فِي مَجَالَاتِ الصَّنَاعَةِ بِالْغَةِ الْأَهْمِيَّةُ - مِنْ صِنَاعَةِ الدِّهَانِ وَالْمَنْظَفَاتِ إِلَى فَلَكْنَةِ الْمَطَّاطِ وَصُنْعِ الْبَارُودِ - حَتَّى لِيُقَاسُ مَدَى النِّشَاطِ الصَّنَاعِيِّ فِي بَلَدٍ مَا بِمَقْدَارِ مَا يَسْتَهْلِكُهُ مِنَ الْكَبْرَيْتِ أَوْ مِنْ حَامِضِ الْكَبْرَيْتِيكِ، أَحَدِ مَشْتَقَاتِهِ. وَيُعْتَبَرُ أَكْسِيدُ الْكَبْرَيْتِ، بِخَاصَّةً، الَّذِي تُطْلَقُهُ مَحَطَّاتُ تَوَلِيدِ الْقُدْرَةِ الْأَحْفُورِيَّةِ الْوَقْدِ ذَاتِ الْمَحْتَوَى الْكَبْرَيْتِيِّ، مِنْ مَلَوْنَاتِ الْجَوِّ وَمُسَبِّبَاتِ الْمَطَرِ الْحَامِضِيِّ.

الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٦ من: الأكسجين (أ) والكبريت (ك) والسيلينيوم (سل) والتلوريوم (تل) والبولونيوم (بن)



## كبريت البروتين

يحتوي مُحُّ البَيْضَةِ كَبْرَيْتًا يَتَبَيَّنُ كَنَجَارٍ رَمَادِيٍّ عِنْدَ أَطْرَافِ الْمُحِّ إِذَا مَا سُلِّقَتِ الْبَيْضَةُ لِفَتْرَةٍ طَوِيلَةٍ. وَالْكَبْرَيْتُ مِنَ الْعُنَاصِرِ الضَّرُورِيَّةِ لِلْحَيَاةِ كَجَزءٍ حَيَوِيٍّ فِي الْبَرُوتِينَاتِ الَّتِي تُبْنِي الْجِسْمَ. وَعِنْدَمَا تُحْلَلُ هَذِهِ الْبَرُوتِينَاتُ يَنْتُجُ كَبْرَيْتِيْدُ الْهَيْدُرُوجِينِ، وَهُوَ غَازٌ سَامٌ لَهُ رَائِحَةُ الْبَيْضِ الْفَاسِدِ.



## إستخراج الكبريت

يُسْتَخْرَجُ الْكَبْرَيْتُ مِنْ مَنَاجِمِهِ بِطَرِيقَةِ فُرَاشٍ. وَفِيهَا تَغْرُزُ ثَلَاثَةُ أَنْبِيَبٍ مُتْرَاكِزَةٍ فِي الْقَرَارَاتِ الْكَبْرَيْتِيَّةِ. يُضَخُّ بُخَارٌ مُفْرِطُ الْإِحْمَاءِ فِي الْأَنْبِيَبِ الْخَارِجِيِّ لَصَهْرِ الْكَبْرَيْتِ؛ ثُمَّ يُدْفَعُ الْهَوَاءُ الْمَضْغُوطُ فِي الْأَنْبِيَبِ الْأَوْسَطِ، فَيَطْرُدُ مَزِيجُ الْكَبْرَيْتِ الْمُزِيدِ إِلَى السَّطْحِ.

يَتَأَلَّفُ جُزْءُ الْكَبْرَيْتِ الْمُعَيَّنِي مِنْ ثَمَانِي ذَرَاتٍ. وَتَقْطَابِقُ جَرِيئَاتُ هَذَا الشَّكْلِ مَعًا بِإِحْكَامٍ.

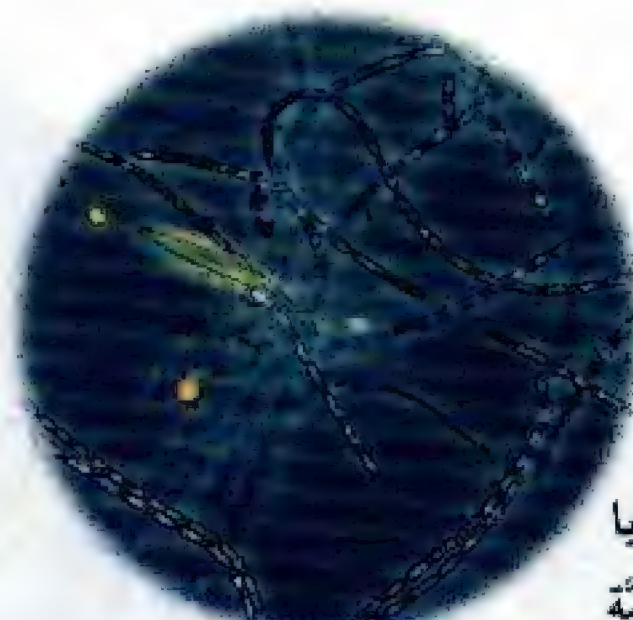
يَتَخَوَّلُ الْبُخَارُ بِالضَّغْطِ إِلَى مَاءٍ حَارٍّ جَدًّا (فَوْقَ ١٢٠° س.) يَصْهَرُ الْكَبْرَيْتُ.

الْكَبْرَيْتُ الْمُنْصَهَرُ يَتَجَمَّعُ قَبْلَ أَنْ يُمَزَّجَ بِالْهَوَاءِ.

يَتَأَلَّفُ جُزْءُ الْكَبْرَيْتِ الْأَحَادِي الْمَلَّ مِنْ ثَمَانِي ذَرَاتٍ - الْفُسْحَاتِ بَيْنَهَا أَوْسَعُ مِمَّا هِيَ عَلَيْهِ فِي الشَّكْلِ الْمُعَيَّنِي. وَهَذَا الشَّكْلُ مُسْتَقَرٌّ فَقَطْ فَوْقَ ٩٦° س.

## أشكال الكبريت النَّاصِلِيَّة

هناك شكلان تَاصِلِيَّانِ رَئِيسِيَّانِ لِلْكَبْرَيْتِ: الْمَعْيَنِي، وَالْأَحَادِي الْمَلَّ - أَوَّلُهُمَا فَقَطْ مُسْتَقَرٌّ عَلَى دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْعَادِيَّةِ. وَفِي كِلَا الشَّكْلَيْنِ تَتَرْتَّبُ ذَرَاتُ الْكَبْرَيْتِ فِي خَلَقَاتٍ ثَمَانِيَّةٍ.



## البكتيريا الكبريتية

تستمد بعض البكتيريا الطاقة من الكبريت بدلًا من الأكسجين؛ لذا فهي لا تستطيع العيش إلا على مركبات الكبريت المُذَابَةِ. وَفِي الْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ يَجْرِي اسْتِخْدَامُ هَذِهِ الْبَكْتِيرِيَا لِاسْتِخْلَاصِ النُّحَاسِ، وَبَعْضِ الْفِلْزَاتِ الْإِنْتَقَالِيَّةِ الْآخَرَى نَقِيَّةً مِنْ مُرَكَّبَاتِهَا الْكَبْرَيْتِيَّةِ.



## بلورات الكبريت

تَوْجَدُ بِلُورَاتُ الْكَبْرَيْتِ الدَّقِيقَةُ بَيْنَ الصَّخُورِ فِي الْمَنَاطِقِ الْبَرَكَانِيَّةِ فِي الْعَالَمِ، وَهِيَ مِنَ الشَّكْلِ الْمُعَيَّنِي. وَالشُّقُوقُ الْبَرَكَانِيَّةُ هِيَ مَصْدَرٌ رَئِيسِيٌّ لِلْكَبْرَيْتِ فِي بَعْضِ الْبِلْدَانِ مِثْلَ صِيغَالِيَّةٍ وَجَاوَا وَالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ الْأَمْرِيكِيَّةِ. وَيَتَجَمَّعُ هَذَا الْكَبْرَيْتُ مِنَ الْغَازَاتِ الْمُنْبَعِثَةِ مِنْ جُوفِ الْأَرْضِ.

## الكبريت على سطح آيو

آيو، أَكْبَرُ أَقْمَارِ الْمُسْتَرِي، هُوَ أَحَدُ أَكْثَرِ الْأَقْمَارِ نَضَارَةً فِي الْمَنْظُومَةِ الشَّمْسِيَّةِ. وَيَعُودُ لَوْنُهُ الْأَصْفَرُ الْبَرْتَقَالِي الزَاهِي إِلَى فَيْضِ الْكَبْرَيْتِ مِنْ بَرَاكِينِهِ الْثَائِرَةِ - الَّتِي تَمَّ اكْتِشَافُهَا بِوَسَائِلِ السَّوَابِرِ الْفَضَائِيَّةِ حَدِيثًا.

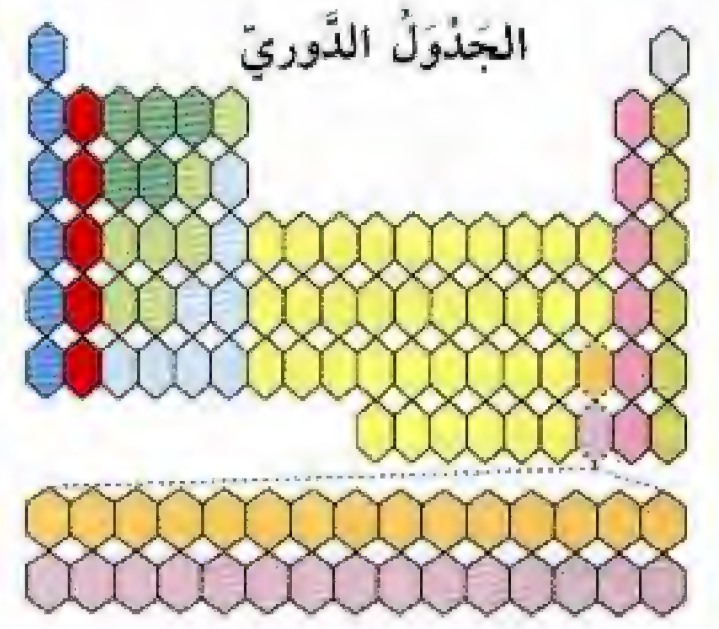
## لمزيد من المعلومات انظر

- البُورَات ص ٣٠
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- مُنتَجَاتُ الْغَازِ ص ٩٧
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- المطر ص ٢٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الهالوجينات

يُستخدم الكلور، أشهر عناصر المجموعة ١٧ (الهالوجينات) في أحواض السباحة لتعقيم الماء، كما يُشكلُ جزءًا رئيسيًا من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). وتُضاف الفلوريدات (مركبات الفلور) إلى معاجين الأسنان ومياه الشرب لمكافحة تآكل الأسنان. وتُستخدم مركبات الكلور والفلور الكربونية لمكافحة الآفات (كالحشرات والفطور والطحالب المؤذية) وفي أجهزة التبريد. لكن البحث جارٍ عن بدائل لها بعد أن اكتُشف أنها تُضرُّ بالبيئة. والمعروف أن جميع هاليدات الفضة حساسة للضوء، لذا تُستخدم في الأفلام والورق الفوتوغرافي؛ وبروميد الفضة هو أكثرها استعمالًا في هذا المجال. الهالوجينات جميعها شديدة الفاعلية، وكلها تحوي ذراتها سبعة إلكترونات في الغلاف الخارجي.



تتألف المجموعة ١٧ من: الفلور (فل) والكلور (كل) والبروم (بر) واليود (ي) والاسطatine (ست) المشع

## الفلوريت المتفلور

يوجد الفلور في

الطبيعة في معادن كالفلوريت (فلوريد الكالسيوم) ذي البلورات التكعيبية المتنوعة الألوان تبعًا لشوائبها المختلفة. والكثير من هذه البلورات يتفلور (يتألق لضعفًا) في الأشعة فوق البنفسجية.

## الكلور

الكلور غاز أصفر مخضر، خافت الرائحة سام. وكسائر الهالوجينات، يتحد الكلور بسهولة مع الهيدروجين والماء لإنتاج حامض قوي جدًا هو حامض الهيدروكلوريك.



## البروم

البروم سائل أحمر مُسمّر، يُطلق بخارًا، بلونه، خافتًا سامًا. وهو أحد العناصر السائلين في الجدول الدوري؛ تُستخدم مركبات البروم في التصوير الفوتوغرافي، وكمستحبات لطيفة.



## اليود

اليود جامد أرجواني مُسود اللون براق، يتصدد بالتسخين مُطلقًا بخارًا أرجوانيًا. تُستخدم مركبات اليود (اليوديدات) في تحضير أصباغ مُعيّنة، وكمواد حافظة في الصناعة. هذا ويختبر وجود النشا باللون الأزرق المُسود الناتج من إضافة اليود رطبًا إليه.



حاليًا تظهر ثقب الأوزون بانتظام، شتاءً، فوق القطب الجنوبي للأرض.

## كلورة الماء

يمكن تحضير الكلور من محلول الملح المركز بالتحليل الكهربائي. والكلور مادة تقصير قوية تُبيض الألوان؛ كما إنه مُطهر ومُعقم فعّال يُستخدم لمعالجة الماء في أحواض السباحة ومحطات تنقية المياه.



## اليود في الأعشاب البحرية

يوجد اليود بمقادير ضئيلة في مياه البحر وفي الأعشاب والطحالب البحرية. واليود عنصر مهم في نشاط الغدة الدرقية التي تُنظم مستويات الطاقة والنمو في صغار الثدييات. ويؤدي افتقار الجسم لمركبات اليود (اليوديدات) إلى تضخم الغدة الدرقية يُرافقه تورم في مقدم الرقبة وجانبها.

## اللّدائن الرّقيقة

تُظلي بواطن القدور والمقالي (ج. مقلاة) بطبقة من التفلون (وهو مُبلّص لدائني من رابع فلور الإيثين المتعدد) الشديد الرّقّة لمنع التصاق ما يُطبخ أو يُقلى فيها. وهذا المركّب عديم الفاعلية جدًا ولا يتأثر بالحرارة - مما يجعله مثاليًا لهذا الغرض.

التفلون صائد فعال لجميع الكيماويات الأخرى - حتى البيضة لا يُلصق منها شيء بمقلاة التفلون.



## ثقب الأوزون

مركبات الكلور والفلور الكربونية المُمتلئة في الهواء من أجهزة التبريد والمبردات الضريبية المختلفة تصاعد إلى أعالي الجوّ، فتتفاعل مع الأوزون وتُفكّكه، مُخلفةً فتحات في طبقة الأوزون الواقية. وهذا يُفسح المجال لتسرب كمّيات مؤذية من أشعة الشمس فوق البنفسجية إلى الأرض.

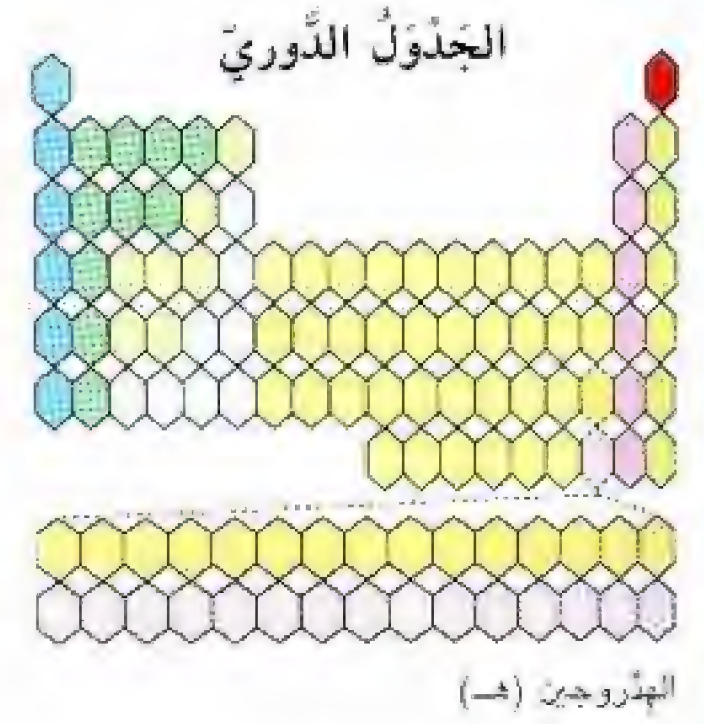
## لمزيد من المعلومات انظر

- التّرايط الكيماوي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسجين ص ٤٤
- صناعة الفلويات ص ٩٤
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- دورات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الهيدروجين

الهيدروجين غازٌ عديم اللون والطعم والرائحة. ورغم أنه أخف العناصر فهو أكثرها توافراً في الكون (إذ يؤلف حوالي ٧٥٪ من مادته). استخدامات الهيدروجين متعددة - مثلاً في هدرجة الزيوت النباتية وتحويلها إلى شُمون كالمرغرين، وفي نزع الكبريت من مُنتجات النفط وزيادة كمية البنزين المُستخلصة منه. لكن الاستخدام الأكثر للهيدروجين هو في صنّع الأمونيا - المهمة في إنتاج الأسمدة وكِماوياتٍ أخرى. كيميائياً، قد يتفاعل الهيدروجين مع الفلزّات أو مع اللافلزّات (مُكوّناً أحياناً أيونات الهيدروجين). وتُعزى حامضية الحوامض كُلّها إلى أيونات الهيدروجين في تراكيبها.



## الهيدروجين في الكون

لا يقتصر وجود الهيدروجين كونيّاً على النجوم ومنظوماتها فقط بل في مادة السُدم التي تتواجد في الفضاءات فيما بينها أيضاً.

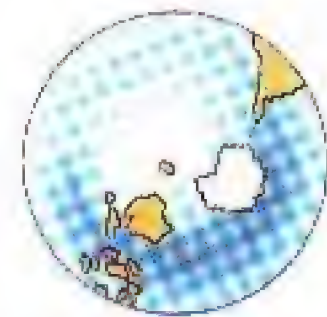
## الهيدروجين في الشّمس

يجزم العلماء أنّ مصدر طاقة الشّمس التي نلعم بورها ودفئها هو الطاقة المتولّدة من تدامج ذرات الهيدروجين، بفعل الضغط ودرجة الحرارة الهائلين في باطنها، مُكوّنة الهليوم مع تحوّل بعض المادة إلى طاقة. ومثل هذا الاندماج النووي يحصل في القنبلة الهيدروجينية المُدفّعة.

## الهيدروجين في الأرض

في الأرض كميات كبيرة من الهيدروجين،

الذي يؤلّف حوالي ١١٪ من مادة الماء (H<sub>2</sub>O) فيها. وهو، مع الكربون، أوسع العناصر تواجداً في الكائنات الحيّة والتّوقد الأحفوريّة، كاللّخْم والبُتْط.

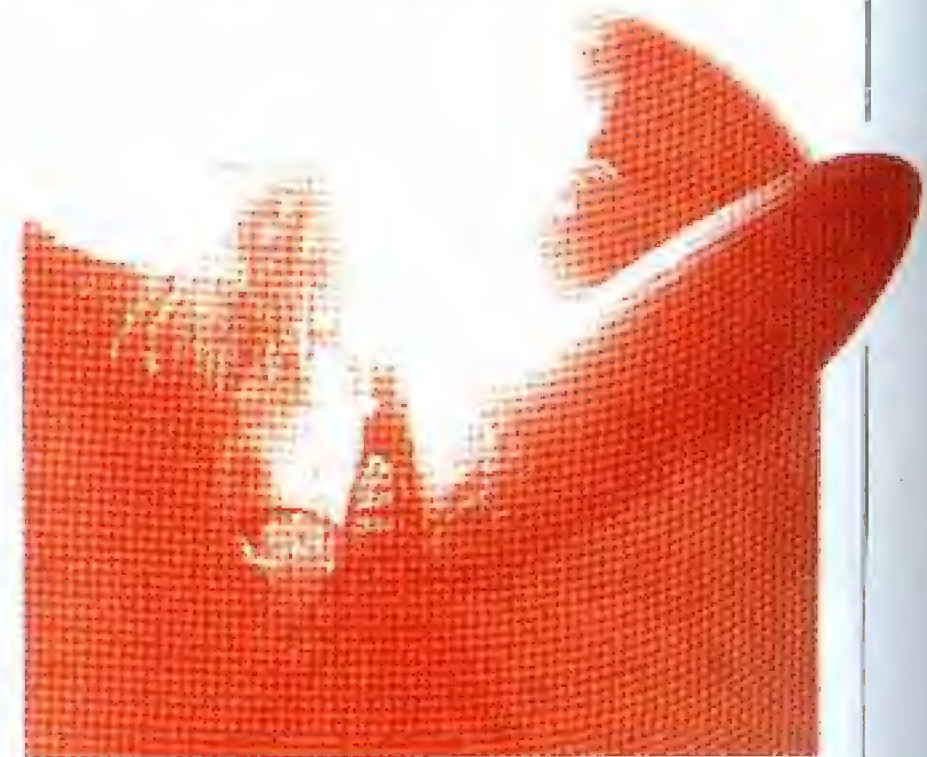


## الهيدروجين وقود المستقبل

لقد تمّ صنّع سياراتٍ تجريبية تُسير بالهيدروجين. أمّا مصدر الوقود فيها فهو مركّب هيدروجيني يُطلى الهيدروجين عند إخماته. وميزة هذه السيارات أنّها لا تلوث البيئة فاحتراق الهيدروجين يُنتج ماءً.



سيارة وقودها الهيدروجين



## المناطيد والسفن الهوائية

المفروض أنّ الهيدروجين، بسبب خِفته الفائقة، مثالي لتعبئة البالونات والمناطيد - وقد استُخدم فعلاً لذلك وما زال، لكنّ استخدامه في السّفن الهوائية توقّف، بسبب لهوئته، بعد كوارث التّفجّر التي أودت بحياة الكثيرين - كما في كارثة الشّطاد هِنْدِيرَج عام ١٩٣٧.



## البنية البسيطة

أبسط الذرات بنية هي ذرّة الهيدروجين التي تتألّف من بروتون واحد، يُشكّل النواة، وإلكترون واحد.

سديم الشرجان

## هنري كافنديش

اكتشف العالم الإنكليزي، هنري كافنديش (١٧٣١-١٨١٠)، غازاً دعاه الهواء اللّهُوب، وأجرى عدّة تجارب لتحديد خواصّه، وبيّن أنّه يُكوّن ماءً إذا ما أُخترق في الهواء فكان ذلك بُرهاناً أنّ الماء ليس عنصراً مُستقلاً، كما كان يُظنّ.

وأطلق لأقواسيه لاحقاً (عام ١٧٨١) اسم الهيدروجين (أي مُكوّن الماء) على هذا الغاز.



## لمزيد من المعلومات انظر

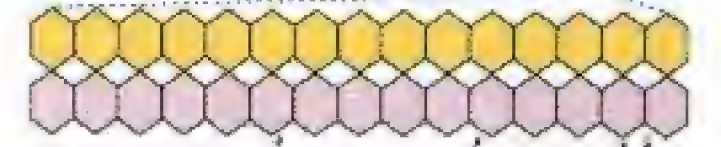
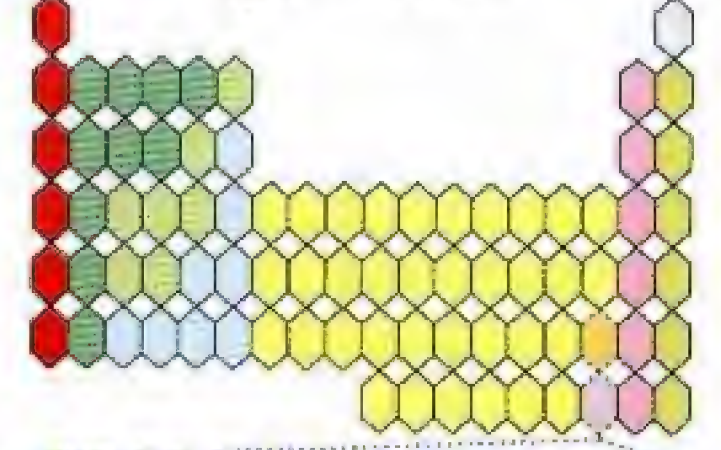
- البنية الذرية ص ٢٤
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- قياس الحموضة ص ٧٢
- الأمونيا ص ٩٠
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الشّمس ص ٢٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# الغازات النبيلة

تُعبأ بالونات التي تُطلق في الجو بهجّة غاز الهليوم، وهو أحد الغازات الستة في المجموعة ١٨ من الجدول الدوري. وتُعرف هذه العناصر بالغازات النبيلة، وتُشكّل قرابة واحد في المئة من الهواء. والنيون غاز نبيل آخر مألوف جدًا في أنوار النيون الزاهية الألوان. أما الرادون المشع فيُشج من انحلال الراديوم، ويؤلف قدرًا كبيرًا من إشعاعات الخلفية التي تُصادف في مناطق الصخور الغرانيتية. وتُعرف الغازات النبيلة أيضًا باسم الغازات النادرة أو الخاملة؛ فالكيميائيون لم يتمكنوا إلا من صنع بضعة مركّبات فقط منها. فهذه الغازات نادرة التفاعل مع أي شيء، وهي مُستقرّة جدًا لأنّ الغلاف الخارجي لكل منها كامل التعبئة بالإلكترونات.

## الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٨ من: الهليوم (هي) والنيون (نن) والارجون (غو) والكربون (كن) والزنون (نز) والرادون (ر) المشع

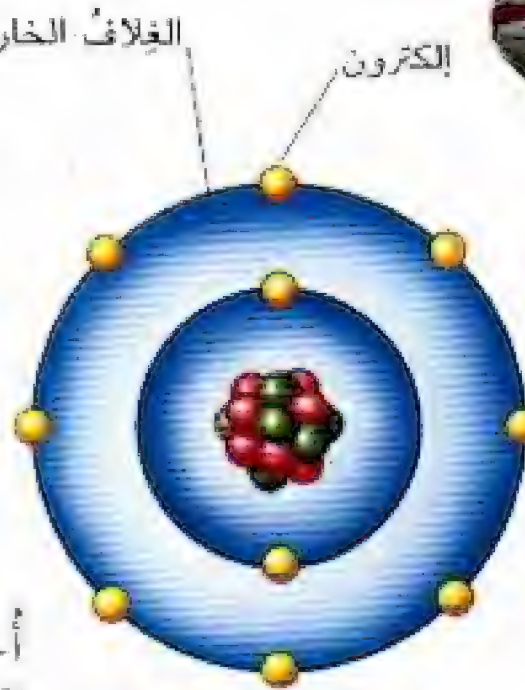


## الهليوم

الهليوم أخف العناصر، بعد الهيدروجين؛ وكلاهما أخف كثيرًا من الهواء. يُستخدم الهليوم، بدلًا من الهيدروجين، في تعبئة المناطيد والسفن الهوائية الحديثة لأنه مأمون أكثر، فهو لا يحترق. يحوي هواء الجو مقدارًا ضئيلاً جدًا من الهليوم؛ لكنّ بعض مكايين الغاز الطبيعي تحوي كمّيات كبيرة منه؛ وهي المصدر التجاري الرئيسي لهذا الغاز.

## الغلافات الكاملة

تحتوي ذرة النيون ثمانية إلكترونات في غلافها الخارجي، وبها يكون هذا الغلاف مكتملاً - فلا حاجة للذرة أن تفقد إلكترونات أو أن تكسبها، فتتربط مع ذرات أخرى. كذلك فإنّ الغلافات الخارجية لجميع الغازات النبيلة مكتملة؛ وهذا يفسّر حُمول فاعليتها واستقرارها.



## أضواء النيون

تنوّد ألوان قوس قزح النيوني هذه بإمرار الكهرباء خلال الأنابيب المُعبأة بغاز نبيل ومواد أخرى على ضغط خفيض. ويُنتج كلُّ غاز نبيل لونًا مُختلفًا؛ كما تُضاف مواد أخرى لإنتاج ألوان أكثر. فالهليوم ينتج ضوءًا أصفر، والنيون ضوءًا أحمر بُرتقاليًا متألّفًا؛ ويسطع الأرجون بضوء أزرق، والكربون بضوء بنفسجي.



## مُنتج نوويّ ثانوي

تتكوّن بالنيبتاز اليورانيوم النووي عدّة نظائر مُشعّة للكربون، منها غاز الكربون - ١٤، وهذا يُنتج من محطات القدرة النووية. وقد تمكنت الولايات المتحدة، خلال الحرب الباردة، من متابعة النشاط النووي السوفياتي عن طريق قياس كمّية الكربون - ١٤ في الهواء.

## وليم رامزي

في عام ١٨٩٤،

اكتشف اللورد رايلي (١٨٤٢-١٩١٩)

والكيميائي وليم رامزي (١٨٥٢-١٩١٦) غاز

الأرجون. وكان قد تمّ مطافيًا اكتشاف وجود

الهليوم في الشّمس؛ ثمّ

اكتشف رامزي وجوده على الأرض عام

١٨٩٥. وأتبع ذلك باكتشافه الكربون

والنيون والزنون عام ١٨٩٨ - بعد أن

تمكّن من تحضيرها بتقطير الهواء السائل -

فنال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٠٤.

وفي عام ١٩١٠، تمّ له اكتشاف الرّادون.



## أنوار الغازات

يُستخدم الأرجون والزنون في المصابيح الكهربائية. فتُسطع المصابيح المُعبأة بالزنون بنور أبيض مائل إلى الزرقة؛ وفي المَنارات تُستخدم غالبًا المصابيح القوسية المُعبأة بالزنون، فيسطع نور القوس الكهربائي وكأنه شرارة مُستمرة. هذا وتُعبأ المصابيح الكهربائية العادية بمزيج من الأرجون والنيتروجين، لأنّ هذا المزيج الخامل يحفظ فتيلة التنجستن، المُبيضة بشدّة الحرارة، مدة أطول.

مُخطّة نووْفُوتشكايا للقدرة النووية في روسيا

## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- النشاط الإشعاعي ص ٢٦
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



# التفاعلات

يُستخدَمُ يَحْضُرُ النباتات ضوء الشمس لِتُحوِّلَ ثاني أكسيد الكربون والماء إلى كربوهيدرات وأكسجين.

تَكُونُ الفُضَيَّاتُ وتَسْوَدُ تدرِجِيًّا لأن كبريتيد الهيدروجين في الهواء يتفاعل مع الفِضَّة مُكوِّنًا طبقة رقيقة من كبريتيد الفِضَّة.

ملايين التفاعلات الكيماوية تحصل من حولنا على الدوام في كل دقيقة، بعضها تفاعلات طبيعية وبعضها الآخر نتيجة لأنشطة الإنسان. ففي داخل أجسامنا يُمثَّلُ الطَّعامُ الذي نتناوله في سلسلة من التفاعلات المُعَقَّدة لِيزوِّدنا بالطاقة. وتنهيك النباتات في تحويل ثاني أكسيد الكربون والماء، إلى كَرْبُوهِدْرَاتَات وأكسجين - في عملية التخليق الضوئي مُستخدمة طاقة الشمس. وفي أجواء الأرض العليا تجري بلا هوادة تفاعلات تُرْسِّخُ أشعة الشمس كيماويًا من الأشعة فوق البنفسجية المؤذية التي قد تُهدِّدُ الحياة على الأرض. وفي المختبرات، يَستخدِمُ العلماءُ التفاعلات الكيماوية بأشكال شتى في عمليات لا حصر لها لِتَصْنِيعِ الأدوية الجديدة، أو لحفظ الأغذية من الفساد، أو لتحويل النفط الخام إلى بنزين، أو لتوفير المواد العديدة اللازمة لإعداد ملابسنا وتجهيز منازلنا.

الكفكة المخبوزة لا تشبه مقوماتها من الطحين والبيض والزبدة والسكر، فهذه قد تغيرت بالتفاعلات الكيماوية.

## التغير الكيماوي

خبز الكعكة مثل جيد على التغير الكيماوي.

فمذاق الكعكة وخواصها تغيرت بعد خبزها تغيرًا جذريًا عن مذاق وخواص مقوماتها - فهي الآن مختلفة كيماويًا. إن معظم التغيرات الكيماوية تغيرات دائمة - فلا يمكنك إعادة الكعكة المخبوزة إلى طحين وزبدة وبيض وسكر. لكن هناك بضع تغيرات كيماوية عكوسة.



فرانيس بيكون

كان فرانيس بيكون (1561-1626) محاميًا ومُخْتَبِرًا وشخصية سياسية إنكليزية مرموقة. ونذكر هنا مقولته الشهيرة في كتابه «الأسلوب الجديد» الذي صدر عام 1620: «إن النظريات حول خواص المادة ذات جدوى فقط إذا أيدتها التجارب».

## روبرت بويل

الكيميائي الإيرلندي، روبرت بويل، (1627-1691) أحد أول الكيميائيين الحديثين شدد في كتابه المشهور «الكيميائي المُشْكَك»، الصادر عام 1661 على أهمية التجارب بقوله: «إن جميع الآراء يجب أن تخضع للاختبار والتجربة للتحقق من صوابيتها». وهو خلال تجاربه الدقيقة على الغازات، اكتشف قاعدة مهمة حول مسلكها تُعرف بقانون بويل.



## المختبرات الحديثة

تحوي المختبرات العلمية أضافًا شتى من التجهيزات يَستخدِمُها العلماء في تجاربهم المختلفة. فبعض العلماء، مثلاً، يدرسون التفاعلات المتعلقة بتكون المطر الحامضي عليهم يجدون سبيلًا لمنع؛ وقد يجري علماء آخرون تفاعلات كيماوية لتصنيع مواد جديدة أو لاكتشاف علاج شافٍ من مرضٍ مُعَيَّن.

تجهيزات علمية من القرن الثامن عشر



عند غسل الصحون، يُفكك المنظف الصابوني الأوساخ والدهون ويُزيلها بخفض التوتر السطحي للماء.



كفكة جاهزة

## التغير الطبيعي

البوظة المنصهرة مثل جيد على التغير الطبيعي؛ فالبوظة لم تتغير كيماويًا - قد تبدو مختلفة، لكن طعمها وخواصها الكيماوية باقية على حالها. التغيرات الطبيعية ليست دائمة، بل عكوسة - فالبوظة المنصهرة يمكن إعادة تجميدها ثانية بوضعها في المُجمِّدة.





# النظرية الحركية

أَمْكَ تَطْهُو في المطبخ، وَأَنْتَ في عُرْفَتِكَ تَشُمُّ رائحة الطعام - هل تساءلت لماذا؟ النظرية الحركية تُقَدِّمُ لك الجواب. إِنَّ الجزيئات الغازية الدقيقة المنطلقة من الطعام الساخن والمُدَوِّمة في الهواء سُرْعَانِ ما يَصِلُ بعضها إلى أَنْفِكَ. فالذرات والجزيئات التي تُولَّفُ كُلُّ شَيْءٍ حولنا هي في حركة دائمة، حَسَبَ النظرية الحركية؛ وتزداد سرعتها بارتفاع درجة الحرارة فتشغل حيزًا أكبر. لَكِنَّ جُسَيْمَاتِ المواد لا تتحرك بالمَنَوَالِ نفسه -

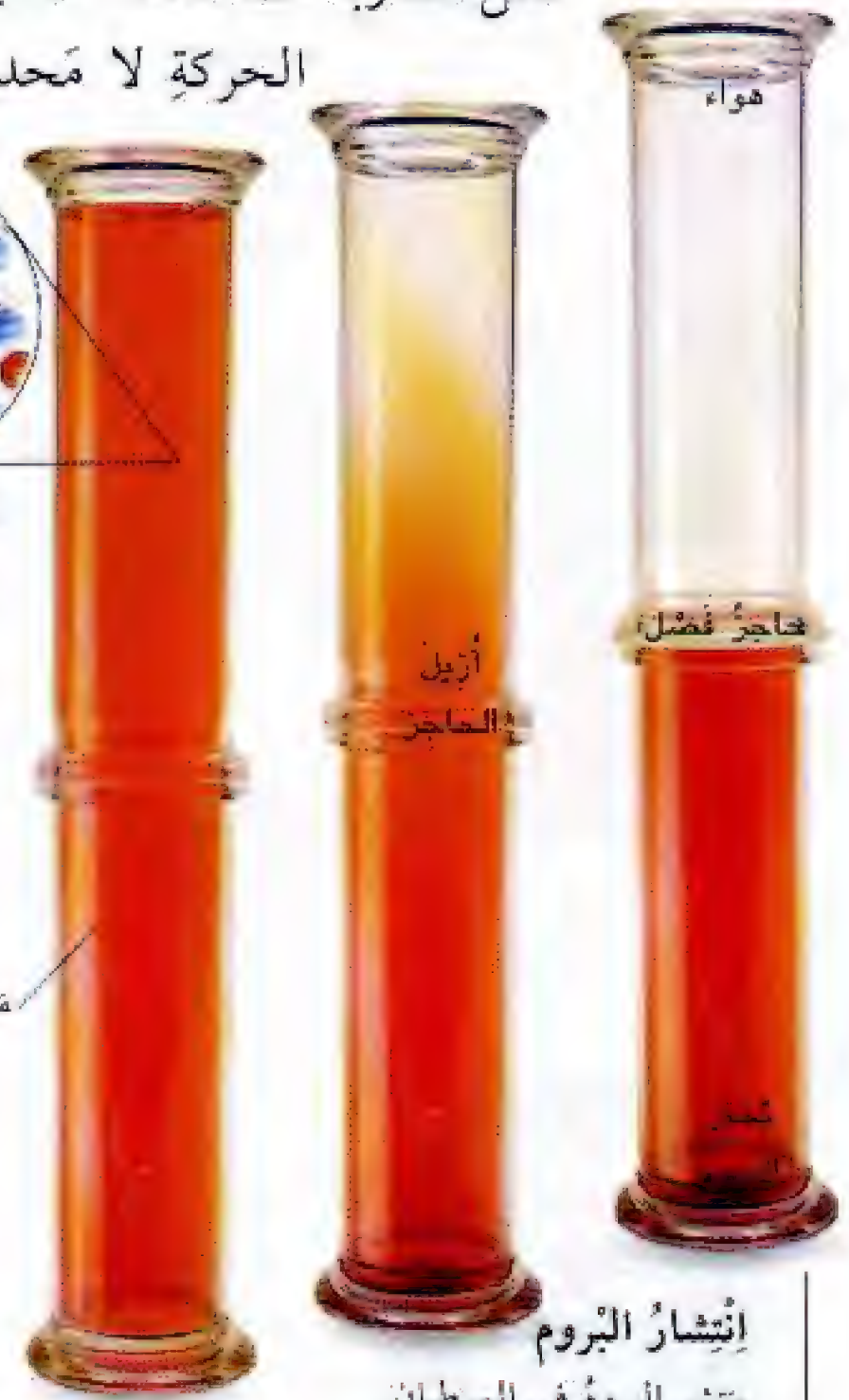
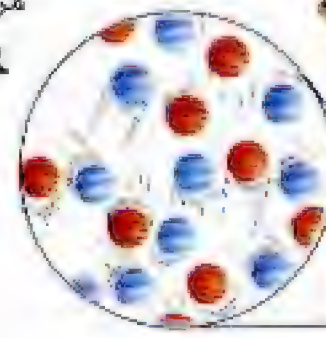
فجُسَيْمَاتِ الجوامد، المُتقاربة التراصُّ والشديدة التماسك، تقتصر حركتها على التذبذب (أو الاهتزاز) في مواضعها؛ وتتحرك جُسَيْمَاتِ السوائل بحرية أكثر فتنسب ميوعة، لَكِنَّها تظلُّ مُتقاربة متماسكة. أما جُسَيْمَاتِ الغاز المُتباعدة والضعيفة التماسك فسرعة الحركة لا مَحْدودية الانتشار.



الحرارة المرتفعة تُنزع

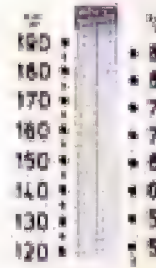
تذبذب جُسَيْمَاتِ الجوامد فتشغل حيزًا أكبر. وهذا يُقلِّل تمدُّد بُرْجِ إيفيل في باريس بمقدار ٧.٥ سم صيفًا.

مزيج متعادل من جُسَيْمَاتِ البروم والهواء.

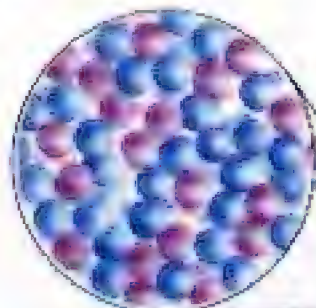


## الانتشار

تنتشر الغازات ليملاً أي حيز مُتاح، لأن جُسَيْمَاتِها تتحرك بسرعة كبيرة. وخاصية الانتشار هذه هي سبب انتقال الروائح بسرعة. فعندما يُخَبَّرُ الكعك في الفرن، مثلاً، تنتشر رائحته سريعاً في سائر أرجاء المنزل.

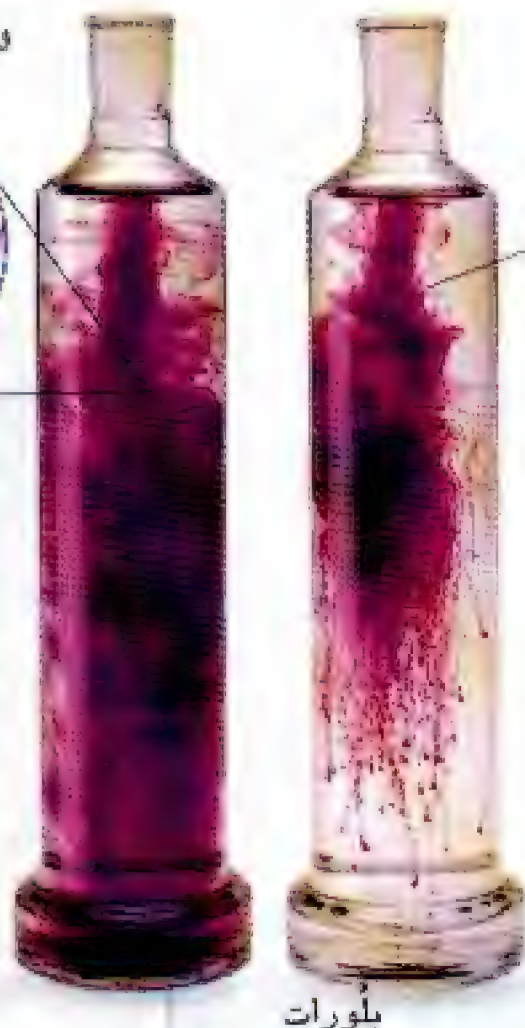


مزيج من جُسَيْمَاتِ الماء وبرمغفات البوتاسيوم



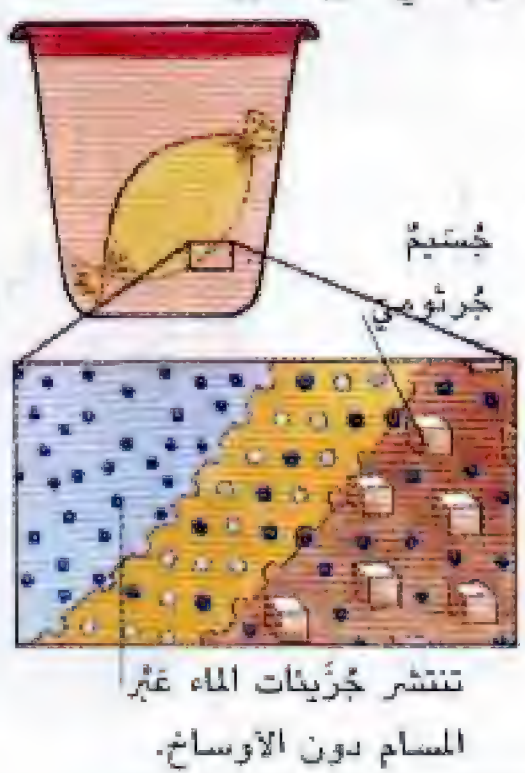
## الانتشار في الماء

إذا أُلْقِيَ قليلًا من بلورات برمغفات البوتاسيوم في الماء فسُرْعَانِ ما ينتشر لونها الأرجواني فيه لأن جزيئات الماء ترحل جُسَيْمَاتِ البرمغفات وتدفعها باستمرار. كذلك، إذا نُفِثَتْ أوراق الشاي في الغلاية، فسُكِبَ الماء كُلُّه نكهتها ولونها في فترة قصيرة.



## أكياس الماء التعويضي

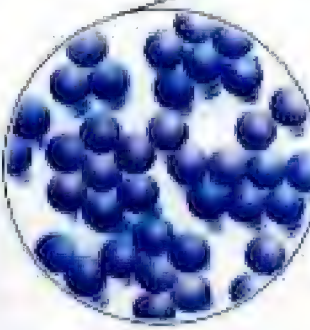
إن مخلولاً من الملح والسكر أساسي في معالجة الأطفال المصابين بإسهال حاد. وحيث يُنْقَرُ إلى مياه الشرب النقية تُستخدم أكياس خاصة تحوي مقداراً محدداً من السكر والملح الجافين. فإذا وُضِعَ أحد هذه الأكياس في المياه الوسيخة، تنتشر عبر مسامه جزيئات الماء دون الأوساخ - فتزوم بذلك محلولاً مُعَقِّماً صالحاً للشرب.



## التمدُّد

إذا سُخِّنَ جِسْمٌ، كهذا الترمومتر مثلاً، فإن سرعة جُسَيْمَاتِهِ (أو مدى اهتزازها) يتزايد. يُشْغَلُ حيزًا إضافيًا، فنقول إنه تمدد. لذا يحرص مهندسو السكك الحديدية على ترك فجوات بين القضبان احتساباً لتمددها في الطقس الحار. تمدد السوائل عشرة أضعاف تمدد الجوامد، أما الغازات فتتمدد حوالى ١٠٠ مرة أكثر من السوائل.

تغلُّ النظرية الحركية غلُّ الترمومتر - فأي ارتفاع في درجة الحرارة يتسبب في تمدد الكحول أو الزئبق بداخله، فيتحرك عمود السائل صُغْداً على المقياس المُدرَّج.



## لودفغ بولتزمان

في السنين من القرن التاسع عشر طوَّر العالم النمساوي، لودفغ بولتزمان (١٨٤٤-١٩٠٦) النظرية الحركية للغازات. وقد جُوهِت نظريته الحركية بمعارضة شديدة من علماء عصره؛ فعَمَّهُ ذلك كثيراً وأدى به إلى الانتحار.



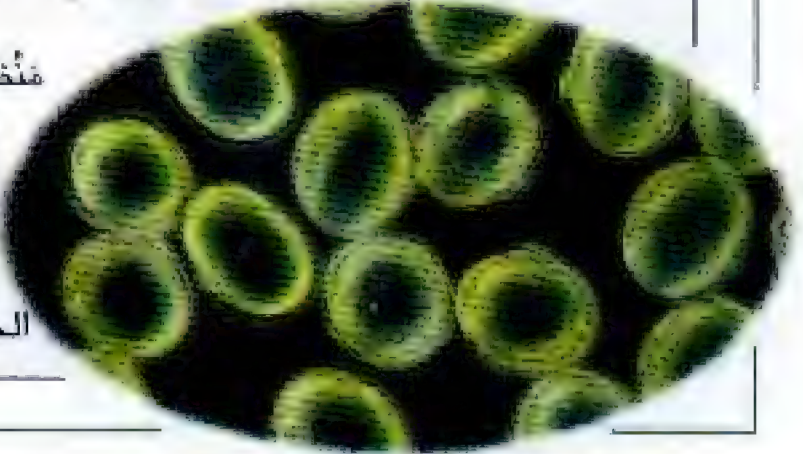
## لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- سلوك الغازات ص ٥١
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- الحرارة ص ١٤٠
- نظام الثقل في النبات ص ٣٤١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

## الحركة البراونية

بينما كان عالم النبات الإسكتلندي، روبرت براون، يتفحص عينة من حبيبات غبار الطلع عام ١٨٢٧ أدهشه رؤيته بعضها تتفكر عشوائياً على سطح الماء. وقد علَّل العلامة ألبرت أينشتاين هذه الظاهرة بعد ثمانين عاماً، مُستخدماً النظرية الحركية، بأن حركة جزيئات الماء الدقيقة غير المرئية هي التي تقذف حبيبات غبار الطلع باستمرار فتُسبب تفكرها. وتُعرف هذه الحركة الآن بالحركة البراونية.

منظَر مُكَبَّر لحبيبات غبار الطلع من اليسرى الحلوة في الماء





# سُلوُكُ الغازات

## قانون بويل

فقافيعُ الغاز التي ينفثها القَوَاصُ تكبرُ تدريجيًّا كلما ارتفعتْ نحو السطح. فهي صغيرة الحجم تحت ضغط السائل الأكثر في العمق، وكلما ارتفعتْ نحو السطح يقلَّ السائلُ الضاغطة عليها، فيزدادُ حجمُها. وهذا في الواقع، مثلُ عمليٍّ على قانونِ اكتشفه الكيميائي الإيرلندي، روبرت بويل، عام ١٦٦٢. ينصُّ قانون بويل على أن «حجمَ الغاز يتناسبُ عكسيًّا مع الضغط الواقع عليه - في ثبوت درجة الحرارة»؛ أي إنه بزيادة الضغط يقلَّ الحجم.



يُغلُّ قانون بويل سببَ تزايدِ حجم الفقائيع المنطلقة من القَوَاصِ كلما اقتربتْ من سطح الماء.

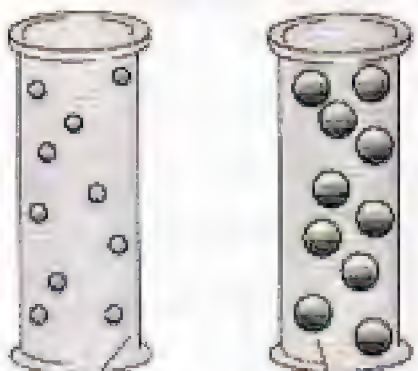
## جهاز التبريد

يدورُ سائلُ التبريد في أنابيب التلاجة باستمرار. وعندما يَعبُرُ فتحةً ضيقةً يتمددُ بسرعة متحولاً إلى غاز. وفي تحوُّله إلى غاز، يمتصُّ الحرارة اللازمة من محيطه (أي من داخل التلاجة) فيبرده. ثم يسري الغاز إلى الضاغط الذي يحوِّله ثانيةً إلى سائل. وعملية التسييل بالضغط هذه تُطلق حرارة كافيةً لأن نشعر بها في خلفية التلاجة.



## قانون أفوجادرو

إذا ملأنا وعاءً بالكلور وآخر مُمَثِّلًا له تمامًا بالأكسجين، فإن كلا الوعاءين يحوي العدد نفسه من الجزيئات. وهذا صحيح رغم أن وزن جزيء الكلور ضعف وزن جزيء الأكسجين. هذه القاعدة اكتشفها أماديو أفوجادرو، الفيزيائي الإيطالي، عام ١٨١١. وينصُّ قانون أفوجادرو على أن «الحجوم



المتساوية من الغازات تحوي عددًا مماثلًا من الجزيئات في درجة حرارة وضغط مماثلين».

جزيء كلور جزيء أكسجين

## لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- تغيرات الحالة ص ٢٠
- النظرية الحركية ص ٥٠
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الضغط ص ١٢٧
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الحرارة ص ١٤١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

تجولُ جُسيماتُ الغازِ بحُرِّيَّةٍ وبسرعة كبيرة؛ لذا تحدثُ التغيراتُ في درجة حرارة الغاز أو حجمه أو ضغطه ظواهرَ مُثيرة. فمن الخطر مثلاً، تركُ مرذاذٍ في موضعٍ حارٍّ، لأنه بارتفاع درجة الحرارة، تزايدُ سرعةُ جُسيمات الغاز في داخله فيتزايدُ ارتطامُها وتصادفُها على جوانب المرذاذ ممَّا قد يتسبَّب في تفجُّره - إذ يؤدي تسخينُ علبة الرَّدِّ إلى ارتفاع ضغط الغاز بداخلها. مثلُ هذه الظواهر لاحظها ودرسها العلماء في القرنين السابع عشر والثامن عشر، واستنبطوا بعض القوانين التي ما زالت تُستخدمُ للتنبُّؤ بسُلوُك الغازات.

يُفَشُّ البالون في السائل البارد.

يتروحين سائل على درجة حرارة ١٩٦° س



## قانون شارل

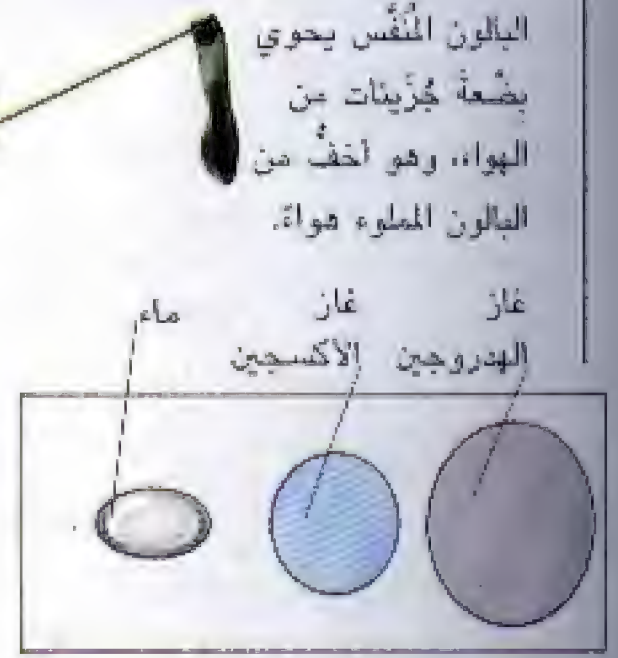
يتنقبض البالون المملوء بالهواء عند وضعه في وعاء التروحين السائل، فدرجة الحرارة الخفيفة جداً تُبطئ سرعة جزيئات الهواء داخل البالون، فيقل تدافعها وارتطامها بجدران البالون فينكمش. وقد اكتشف العالم الفرنسي، جاك شارل العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز عام ١٧٨٧. وينصُّ قانون شارل على أن «حجمَ الغاز يتناسبُ طرديًّا مع درجة الحرارة المطلقة، عندما الضغط ثابت» - فإذا قلت درجة الحرارة إلى النصف يقلَّ حجم الغاز أيضًا إلى النصف.

جداً تُبطئ سرعة جزيئات الهواء داخل البالون، فيقل تدافعها وارتطامها بجدران البالون فينكمش.

قد اكتشف العالم الفرنسي، جاك شارل العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز عام ١٧٨٧. وينصُّ قانون شارل على أن «حجمَ الغاز يتناسبُ طرديًّا مع درجة الحرارة المطلقة، عندما الضغط ثابت» - فإذا قلت درجة الحرارة إلى النصف يقلَّ حجم الغاز أيضًا إلى النصف.

## للغازات وزن

قد يتبادرُ إلى أذهاننا أن الغازات عديمة الوزن لأنَّ معظمها لا يُرى، وهذا غير صحيح. فجميع الغازات لها كتلةٌ ما لأنها تتألف من جُسيمات. ولو توازن بالوزن مملوءين بالهواء، ثم تنفَّس أحدهما بدبُّوس، فنستأهده أن البالون المليء بالهواء أصبحَ أَثقل.



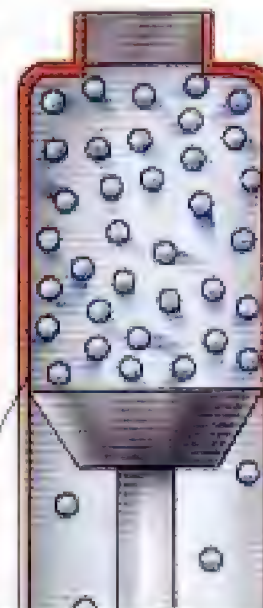
## قانون غي لوساك

في العام ١٨٠٨، اكتشف الكيميائي الفرنسي، جوزيف لويس غي لوساك، أنه عندما يتفاعل الهيدروجين والأكسجين لينتجا الماء، فإن حجمين من الهيدروجين يتفاعلان دائماً مع حجم واحد من الأكسجين. ويتابع أبحاثه اكتشف أن نسبة أحجام الغازات التي تتفاعل بعضها مع بعض بمجمليها هي نسبة عددية صحيحة وبسيطة. ويُعرف هذا بقانون غي لوساك.

## منفاخ الدراجة

نُحسُّ دائماً بسخونة منفاخ الدراجة عند استعماله. وذلك لأنَّ جزيئات الهواء في داخله تُرغمُ على التراص في حيزٍ أقل، فتزداد سرعة ارتطامها بجدران المنفاخ فيسخن.

تسخن جدران المنفاخ مع تزايد سرعة ارتطام الجزيئات بها.



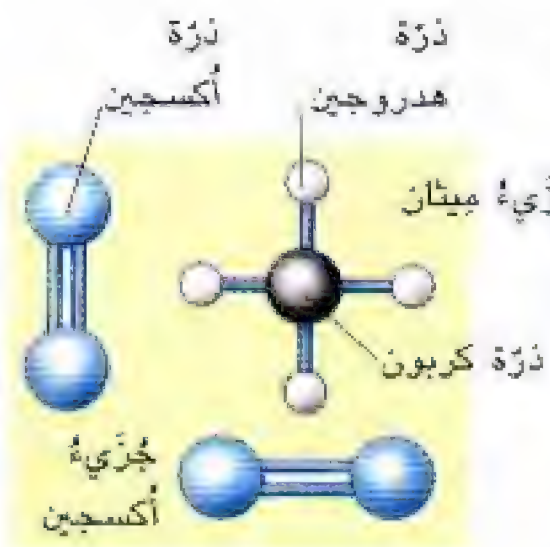


# التفاعلات الكيميائية



التفاعل الكيميائي هو ببساطة، تفكك أو انحلال مواد، وتكون مواد جديدة من الأجزاء المفككة. وهذا يعني حدوث تغير في البنية الجزيئية للمواد المتفاعلة وخواصها. ففي البنية الجديدة للمواد الناتجة (المنتجات) يُعاد ترتيب الذرات والجزيئات مُجددًا. وهذا يتطلب تفكيك الروابط الكيميائية في المتفاعلات وتشكيل روابط جديدة في المنتجات. إن تفكيك أي رابط كيميائي يتطلب طاقة، في حين تنطلق طاقة عند تكوين رابط جديد، وكلاهما يحصل في كل تفاعل كيميائي - وهذه الطاقة قد تكون حرارية أو ضوئية أو كهربائية. التفاعلات التي تُطلق حرارة تُسمى إكسوتيرمية (طاردة الحرارة)، وتُسمى التفاعلات التي تمتص الحرارة إندوتيرمية (ماصة الحرارة).

يتفاعل الميثان مع الأكسجين ليكون ثاني أكسيد الكربون وماء. وتُبنى الأشكال أدناه كيف تتفكك الروابط بين الذرات ثم تُعاد ترتيبها.



## التفاعلات الماصة للحرارة

يستخدم الرياضيون كمادات مبردة لتخفيف ألم الإصابات. فالتفاعل المُحدث في المادة يمتص الحرارة من جسم الرياضي، إذ إن الحرارة الممتصة في تفكك روابط المتفاعلات في هذا التفاعل أكبر من تلك المنطلقة في تكوين روابط المنتجات. وهذا مثل على تفاعل إندوتيرمي (ماصة للحرارة).

## طاقة التنشيط

معظم التفاعلات تحتاج إلى كمية معينة من الطاقة لبدء. لذا لا يشتعل عود الثقاب ما لم يُشظ بالحك؛ كذلك لا تحترق فتيلة الشمعة ما لم يُقرّب منها عود ثقاب مُشعل. وتُسمى كمية الطاقة اللازمة لبدء التفاعل طاقة التنشيط.



## التفاعلات الطاردة للحرارة

عند احتراق الخشب، تنطلق طاقته الكيميائية كطاقة حرارية. ويتطوّر هذا التفاعل على تفكك روابط كيميائية وتكوين روابط جديدة؛ لكن كمية الحرارة المُنتجة بالترابط أكبر من تلك المُمتصة بالتفكك. لذا، يُطلق التفاعل حرارة، ويُسخن المحيط حوله. فهذا مثل على تفاعل طارد للحرارة.



## تغير الروابط

في كل تفاعل كيميائي، تتفكك روابط في المتفاعلات لتشكيل روابط المنتجات. الميثان مثلاً، المكون الرئيسي للغاز الطبيعي، يتألف من أربع ذرات هيدروجين مُترابطة مع ذرة واحدة من الكربون؛ فعند احتراق الميثان يتفاعل مع أكسجين الهواء وتتفكك جميع الروابط بين ذراته، وتكون روابط جديدة لتؤلف ثاني أكسيد الكربون وماء. وحيث إن هذه الروابط الجديدة ذات طاقة كامنة أقل منها في الروابط الأصلية، فإن التفاعل يُطلق فرق الطاقة كحرارة.

يستخدم الشغنين الكهربائي تفاعلاً يُطلق الطاقة ككهرباء ليصعد بها فراشة.



## التفاعلات بالكهرباء

بعض التفاعلات يستخدم الكهرباء، وبعضها الآخر يُنتجها. فالشغنين الكهربائي

مثلاً، يستطيع قتل السمك الضغار بصدمة كهربائية قد تبلغ شدتها ٢٢٠ فولت تولّد من تفاعل كيميائي يحصل في خلاياه. والبرق الذي هو شرارة كهربائية ضخمة، يُحدث تفاعلات في الهواء - منها تكون ثاني أكسيد النتروجين من النتروجين والأكسجين؛ وتكوين الأوزون من الأكسجين.

يحدث البرق تفاعلاً بين النتروجين والأكسجين يُنتج ثاني أكسيد النتروجين، وهذا يذوب في ماء المطر ويتساقط على الأرض كحامض النتريك - أحد مكونات المطر الحامض.



يتفاعل المغنيسيوم في نافطة الشرر مع أكسجين الهواء شكّوا أكسيد المغنيسيوم. وهذا التفاعل يُطلق طاقته كطاقة ضوئية.

يُنْهَض لَوْنُ غِلافِ الْكِتَابِ لِأَنَّ الضَّوْءَ الَّذِي تَمْتَصُّهُ جُزْئَاتُ أَصْبَاغِهِ يُفَكِّكُ بَعْضَ الرُّوَابِطِ الْكِيمَاوِيَّةِ فِيهَا.

## التفاعلات بالضوء

الطاقة التي يُطلقها أو يمتصها تفاعل كيميائي قد تكون طاقة ضوئية. فتقاطعة الشرر تطلق حين نُشعلها ضوءاً ساطعاً أبيض اللون. والمُلتصقات الإغلائية، كما الثياب، يُحوّل لونها بامتصاص ضوء الشمس القوي والتفاعلات الكيميائية الناتجة منه. كذلك يُحرّض ضوء الشمس تفاعلات في جلد المُشمّسين تكون خضب الميلانين الذي يَسْقَعُهُمْ بِشَمْرَةٍ مُصَغَّرَةٍ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الرابط الكيميائي ص ٢٨
- توصيف التفاعلات ص ٥٣
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- الحفّازات ص ٥٦
- تحولات الطاقة ص ١٣٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



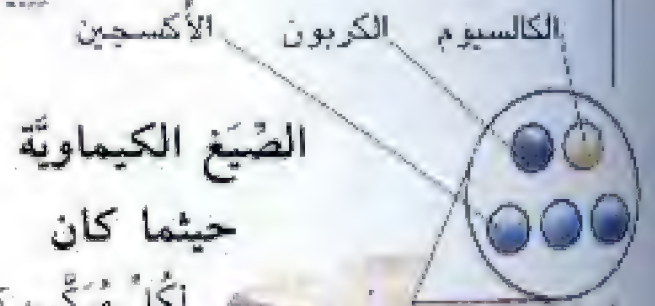
# توصيف التفاعلات

الصيغ والمعادلات الكيماوية هي للكيميائي نوع من الكتابة المختزلة، كما إنها تُستخدم في توصيف الكيماويات وتفاعلاتها. فالصيغة الكيماوية لأي مركب تُبين نوع الذرات التي يتألف منها وبأي نسب. وتُعبّر المعادلة الكيماوية عن التفاعل الكيماوي، مُبيّنة المواد المتفاعلة ونسبها في طرف المواد الناتجة في الطرف الآخر - مُتجاوزة مشاكل اللغة. ويُستخدم عادةً سهم بدلاً من علامة المساواة بين جانبي المعادلة لبيان اتجاه التفاعل. ويقترح بعض المُجددين (ولعلهم مُحققون) كتابة المعادلات الكيماوية برُموزها اللاتينية المُستخدمة في معظم أقطار العالم.

الرصاص	الزئبق	الفضة
⚗	☿	☾
الرموز القديمة		
S	⚙	L
رُسموز بالستون		
صا	بق	ف
الرموز الحديثة		

## الرُسموز والصيغ الكيماوية

السبعة العناصر التي عُرفت منذ القدم مثل كُُل منها بصورة فلكية. وبحوالى عام ١٨٠٠، اُستنبط جون دالتون، الكيميائي الإنكليزي، مجموعة من الرُسموز الصُورية للعناصر المعروفة في أيامه. وفي عام ١٨١١، ابتدع جون برزيليوس، الكيميائي السويدي، النظام المُعتمد اليوم حيث تُمثل العناصر بالحروف. ويمكن ضم هذه الحروف معاً لبيان صيغة المركب الكيماوي.



## الصيغ الكيماوية

حيثما كان

لكل مركب كيماوي

اسم وصيغة تُبين

العناصر التي يتألف

منها. فالاسم

الكيماوي

للطباشير، مثلاً،

هو كربونات الكالسيوم. وصيغته الكيماوية هي

كاك. أي مع كل ذرة من الكالسيوم (كا) هناك ذرة

من الكربون (ك) وثلاث ذرات من الأكسجين (أ).

مُخلول يُوَديد  
البوتاسيوم في الماء



مُخلول يُوَديد  
البوتاسيوم في الماء



هذا مثل على  
تفاعل الإحلال  
المقابل بين  
مركبتين.

المعادلة  
بالكلمات:  
المعادلة  
بالرُسموز:

يُوَديد البوتاسيوم + يُوَديد الرصاص = يُوَديد الرصاص + يُوَديد البوتاسيوم

٢ يون أم «ذ» + صاي «ج»

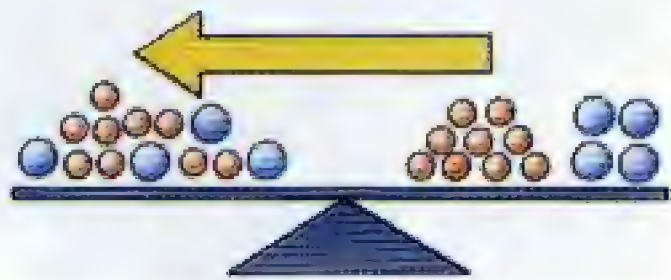
صا (ن أم) «ذ» + بوي «ذ»

يشير العدد ٢ إلى أن مجموعتين من  
الذرات ترتبط مع كل ذرة من الرصاص.

نُستخدم أحياناً الرُسموز التالية لبيان حالة  
المادة الكيماوية: «ج» = جامد، «س» = سائل،  
«غ» = غاز، «ذ» = ذائب في الماء.

للتوازن المعادلة يجب أن  
يضاعف عدد جزيئات بوي  
(وعدد جزيئات يون أم)

## قانون بقاء الكتلة



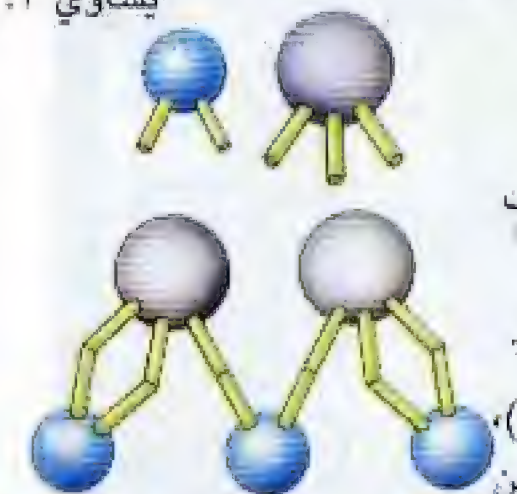
عندما يحصل تفاعل كيماوي لا يتلاشى من  
المتفاعلات شيء؛ فقط تترتب الذرات مجدداً  
لتكوين المُنتجات. لذا يجب أن تكون المعادلة  
مُتوازنة وعدد الذرات مُساوياً في كُل من  
طرفيها. وهذا هو قانون بقاء الكتلة، الذي ينص  
على أن مجموع كتل المواد المُنتجة في تفاعل  
ما يساوي مجموع كتل المواد المتفاعلة.

## المعادلات

يمكن توصيف التفاعل بطرق مُختلفة منها كتابة معادلة له كلامياً أو  
بالصيغ الكيماوية. وإذا اُستُخدمت الصيغ برُموزها الكيماوية،  
فيجب أن تكون المعادلة مُتوازنة، أي أن يكون عدد الذرات  
المماثلة مُساوياً في كُل طرف. فبالمعادلة المُتوازنة وحدها يمكن  
تبيان نسب الكيماويات المتفاعلة بعضها إلى بعض.

## التكافؤ

تكافؤ العنصر هو عدد الروابط  
الكيماوية التي يمكن للذرة تكوينها.  
وهو عدد الإلكترونات الذي تكتسبه  
الذرة أو تفقده أو تُساهم به عندما  
تشكل رابطاً كيماوياً. فلتكوين مركب  
ما، يجب أن يكون مجموع  
التكافؤات لكل عنصر فيه عدداً مُثابلاً.



لتكوين مركب أكسيد الألومنيوم (٣م ٢أ)،  
تتحد ذرتان من الألومنيوم مع ٣ ذرات من  
الأكسجين.

## المول

يحتوي الكيميائيون الذرات والجزيئات المتناهية الصغر  
بالكتلة؛ والمول هو الوحدة المعتمدة لذلك. يحتوي  
المول من أي مادة  $6.02 \times 10^{23}$  جسيم، لكن كتل  
المواد (أي كتلتها الذرية أو كتلتها الجزيئية) تختلف.  
واُستُخدم المول في عدد الجسيمات أشبه باستخدام  
الصيرفي الوزن لمعرفة عدد قطع الدراهم المعدنية بدل  
أن يعدّها.

يحتوي المول الواحد من رابع أكسيد  
الرصاص  $6.02 \times 10^{23}$  جزيء.  
وكتلته تساوي ٦٨٥ غ.



يحتوي المول الواحد من  
الألومنيوم  $6.02 \times 10^{23}$  ذرة. وكتلته تساوي ٢٧ غ. وقد  
سُيّي العدد  $6.02 \times 10^{23}$  ثابت أو عدد أفوجادرو.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# التفاعلات العكوسة



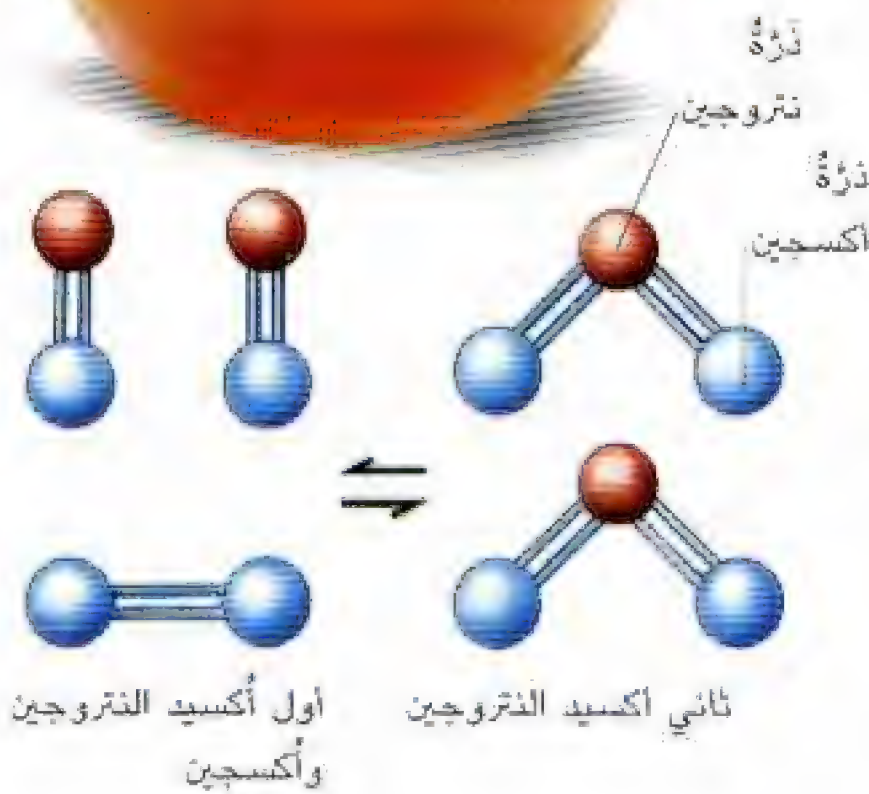
من العبت طبعاً تصنيع كتلة خشبية من الدخان والرماد اللذين نتجا عن احتراقها! فمعظم التفاعلات الكيماوية، كالاحتراق، تجري في اتجاه واحد فقط؛ وهي تفاعلات لا عكوسة - إذا ما حصلت فلا يمكن إعادة مُتجاتها إلى ما كانت عليه. لكن هذا لا ينطبق على كل التفاعلات الكيماوية، إذ يمكن أحياناً عكس التغير الحاصل. فمثلاً، عندما تُضاف مادة قلوية، كصودا الغسيل، إلى عصير الملفوف الأحمر يتحول لونه إلى خضرة مُزرقة. وإذا أُضيف حامض، كالخل، إلى العصير المُخضر، يعود العصير إلى لونه الأحمر ثانية. إن تفاعلات كهذه هي تفاعلات عكوسة ذات اتجاهين - قُدماً (كتحول العصير الأحمر إلى الخضرة) وعوداً (كتحول العصير الأخضر إلى الحمرة)؛ وكلاهما في الواقع يحصلان معاً في الوقت نفسه، غير أن ظروف التفاعل قد تجعل أحدهما أسرع من الآخر.

## حالة التوازن

التفاعل العكوس يبدو بعد فترة كأنه متوقف؛ والحقيقة أن التفاعلين، قُدماً وعوداً، مُستمران - لكن بالسرعة نفسها، أي أنهما في حال توازن كيماوي. وهذا يشبه واقع المِرْكُضَة (مكنة الركض) حيث تبقى في مكانك إذا زكضت بسرعة تعادل سرعة المكنة؛ وإذا نباطأت تجذ نفسك في تراجع، وعليك أن تزيد من سرعتك لإعادة التوازن ثانية.

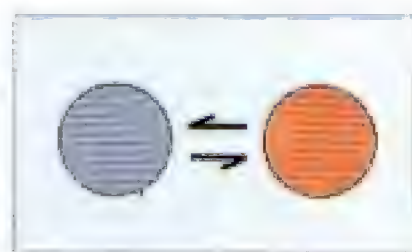


**ثاني أكسيد النيتروجين**  
إذا سُخِّنَ غاز ثاني أكسيد النيتروجين البني اللون، يَبْهَت لَوْنُهُ تدريجياً حتى يصبح عديم اللون على درجة حرارة ٦٢° س. وذلك لأنه يتفكك إلى غازي أول أكسيد النيتروجين وأكسجين؛ وكلاهما عديم اللون. وعند التبريد يتعكس هذا التغير.

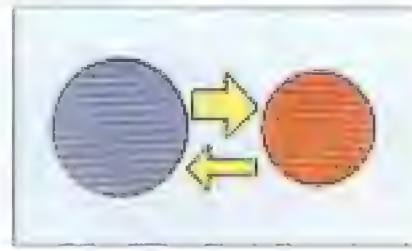


**هنري لوشاتيليه**  
لوشاتيليه (١٨٥٠-١٩٣٦) عالم باريسي المولد، عمل بضع سنوات كمهندس مناجم قبل انتقاله إلى التعليم في جامعة باريس. وترتبط شهرته العلمية بالمبدأ المعروف الذي يحمل اسمه.

تفاعل في حالة التوازن. إن سرعة التفاعل قُدماً تساوي سرعة التفاعل عوداً.



إذا أُضيف مزيد من المُنتجات، فستزيد سرعة التفاعل الراجع لاستنفاد المواد المُضافة.



إذا أُضيف مزيد من المُتفاعلات، فستزيد سرعة التفاعل قُدماً لاستنفاد المُتفاعلات المُضافة.



## مبدأ لوشاتيليه

إن أي تغير في درجة الحرارة أو الضغط أو التركيز، خلال تفاعل عكوس، يُغير سرعة التفاعل قُدماً أو عوداً. فالتبريد، مثلاً، تزداد سرعة التفاعل المظارد للحرارة، لإبطال أثر التبريد. وقد لُخصت هذه الظواهر في مبدأ لوشاتيليه - الذي ينص على أن «التغير الواقع على تفاعل في حال التوازن يؤدي إلى اتجاه التفاعل في المُنْحَى الذي يُبطل تأثيرات ذلك التغير».

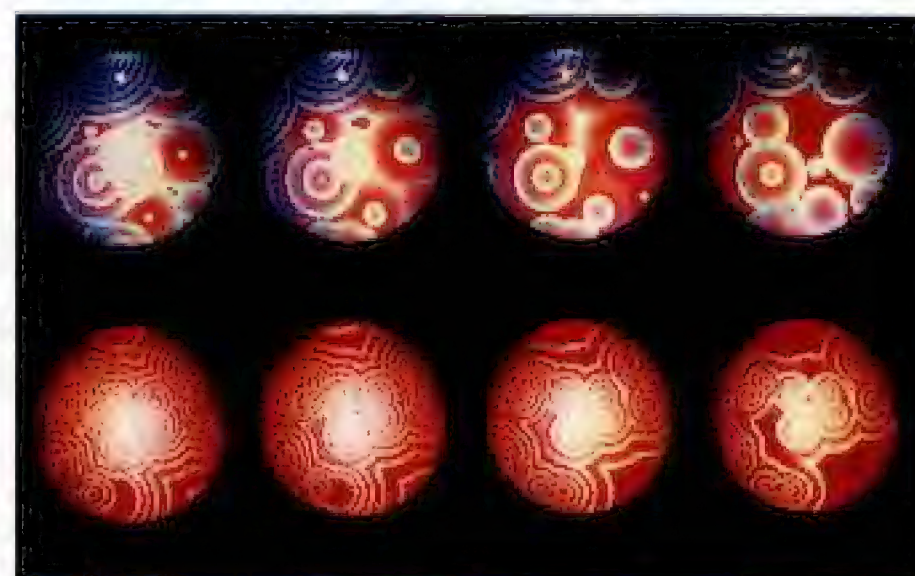


## تغير لا عكوس

عندما يحترق الورق ينتج ثاني أكسيد الكربون وماء وبنجاح. وهذه المُنتجات لا يمكن إعادةُها إلى ورق ثانية، لأن الاحتراق تفاعل لا عكوس.

## الساعات الكيماوية

بعض التفاعلات العكوسة لا تستقر على توازن؛ فإذا ما ابتدأت تواصل تراجُعها إقبالاً وإدباراً. ويحدث هذا أحياناً تغيرات لونية مذهلة. ففي لحظة قد يكون المحلول أزرق، وفي اللحظة التالية يصبح أحمر اللون. وكون ترجيح هذه التفاعلات يحدث في فترات زمنية مُنتظمة، فقد أُطلق عليها اسم «الساعات الكيماوية».



أُخذت هذه الصورة لاثنتين من تفاعلات «الساعات الكيماوية» على فترات بين الواحدة منها والأخرى دقيقة؛ وهي تُبين حركة المُتوَجَّات اللونية أثناء التفاعل.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- البثروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأمونيا ص ٩٠



# سرعة التفاعلات

تَحْصَلُ الانفجارات بِسُرْعَةٍ فائقة، أما التفاعلات الأخرى فأبطأ كثيراً - فقد لا يظهر الصداً على دراجة جديدة قبل عدة سنوات. في حياتنا اليومية كثيراً ما نرغب في تغيير سرعة تفاعل ما؛ فنحن نَضَعُ اللبن في الثلاجة لكي نَبْطِئَ سرعةَ اَحْمِضاضِهِ. كذلك يرغب الكيميائيون أيضاً في التحكم بِسُرْعَةِ التفاعلات - فالصناعيون منهم يودون تسريع التفاعلات لتخفيض التكاليف، أما العلماء البيئيون فيريدون تبطئة التفاعلات المُضِرَّةَ بالأرض. والعوامل التي يمكن أن تؤثر في سرعة التفاعل كثيرة، أهمها درجة الحرارة والضغط وتركيز المتفاعلات والضوء ومساحة السطح.



## تفجر الفحم

قطعة الفحم الكبيرة لا تتفاعل مع الهواء إلا بعد إشعالها؛ لكن مزيجا من دُفاق الفحم والهواء يتفاعل بِسُرْعَةٍ مُتَجَرَّة، كما في انفجارات المناجم. وذلك لأن المساحة الفادرة على التفاعل في دُفاق الفحم كبيرة جداً.



تُطال جزيئات الأكسجين جسيمات الفحم السطحية فقط. في دُفاق الفحم، جسيمات الفحم المتاحة للتفاعل مع جزيئات الأكسجين كثيرة جداً.



أوتزي، جثث رجل عمرها ٥٠٠٠ سنة، وجدت محفوظة ضمن متلجة ضخمة بين إيطاليا والنمسا عام ١٩٩١. والمفترض أن يكون الجسد قد تحول إلى هيكل عظمي بآلي، لكن درجة الحرارة الخفيفة بطأت انحلاله.

## تأثير درجة الحرارة

تُسَرِّعُ معظم التفاعلات بارتفاع درجة الحرارة. وذلك لأن طاقة الجسيمات المتفاعلة تزداد بارتفاع درجة الحرارة وتزداد سرعتها كذلك. وهكذا تزداد احتمالية ارتطام بعضها ببعض بمقدار من الطاقة كافٍ لإحداث تفاعل. أما بانخفاض درجة الحرارة، فتَبْطِئُ جميع التفاعلات الكيميائية. وهذا هو سبب استخدام التلاجات لحفظ الطعام.

## تأثير الضوء

اللدائن الحُلُولَةُ حيويًا تَحُلُّ في ضوء الشمس الساطع بِسُرْعَةٍ أكبر من انحلالها في غُمران المطابخ. ذلك لأن بعض التفاعلات تُسَرِّعُ بالضوء - إذ يُبَدِّدُ الضوء الجزيئات المتفاعلة بطاقة تزيد من تحركها.



## تأثير مساحة السطح

مساحة السطح لجسم جامد هي مجمل مساحة سطوحه الخارجية، وهذه تؤثر في سرعة التفاعل.



فشرائح البطاطا مثلاً، أسرع نُضِجًا عند القلي من القِطْعِ الكبيرة، لأن سطوح الجسيمات المَعْرُضَةَ فيها للتفاعل مع الزيت الحار أكثر مساحةً بكثير.

تُنَضِّجُ البطاطا عادةً مغمورة في زيت القلا. والمعروف أن قِطْعِ البطاطا الكبيرة يلزمها وقت أكثر بكثير من الشرائح. فهذه تنضج في ثوانٍ لأن نسبة مساحة السطح إلى الحجم فيها أكبر بكثير.

## تأثير التركيز

إذا أردت صنع مادة ما بِسُرْعَةٍ، فعليك استخدام محلول صباغ شديد التركيز. ففي المحلول المركز، كثير جداً من جسيمات الصباغ المُذَابَةِ لِتَصَادِمَ مع المادة وتُسَبِّبُ التفاعل. أما في المحلول المُخَفَّفِ الحاوي قلة من جسيمات الصباغ، فسرعة التفاعل، بالتالي، بطيئة. وللسبب نفسه، فإن عملية الاحتراق في هواء عالي المحتوى الأكسجيني سريعة جداً.



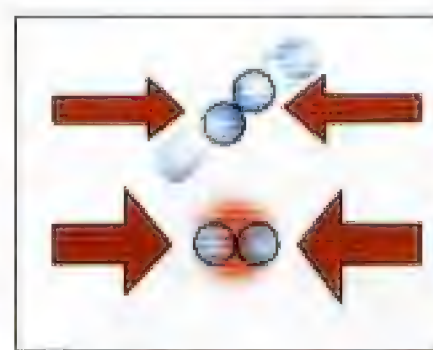
## تأثير الضغط

جسيمات الغاز مُتَبَاعِدَةٌ كثيراً؛ لكنها بزيادة الضغط تتقارب، وتزداد احتمالية تصادمها لإحداث تفاعل فيما بينها. وفي الأوتوكلاف (المُوضَدَة) يُسْتَخْدَمُ الضَّغْطُ العالي لتعقيم الأشياء بالبخار بِسُرْعَةٍ كبيرة.

لمزيد من المعلومات انظر
النظرية الحركية ص ٥٠
التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
الحفازات ص ٥٦
المحاليل ص ٦٠
صناعة الكيماويات ص ٨٢

## نظرية التصادم

يَحْصُلُ التفاعل الكيميائي حينما تصادم الجسيمات المتفاعلة فيما بينها بِقُوَّةٍ (أو بطاقة) كافية (هي طاقة التنشيط) لتفكيك الروابط فيما بينها. وحسب نظرية التصادم هذه، فإن الجسيمات المتصادمة ستترد بعضها عن بعض إذا لم تتوافر لها الطاقة الكافية. وهذا مثال لما يحدث في سباق السيارات القديمة؛ فالسيارتان المُتبارِيتان لن تُحْدِثَا العَطَبَ المتوقع ما لم ترتطما بقوة كبيرة جداً.



إذا تجابه جسييمان، فقد يرتدآن بدون تفاعل، إلا إذا كان التصادم بقوة كافية لإحداث تفاعل كيميائي.



# الحفّازات

تُخفّض الحفّازات طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل.



## مَسَارُ التفاعل

تُسرع الحفّازات التفاعل بتوفيرها مسارًا أسهل لمساره. تخيل سباقًا للدراجات حيث يُكافح أحد الفريقين لتجاوز قمة ربة صعبة، بينما يذرع الفريق الآخر نزولاً في المنحدر دون عناء. فالمسلك الربويّ الأكمي يشل طريق التفاعل الطبيعي، بينما يمثل المنحدر المسار الذي يوفره الحفّاز.



في الصورة أعلاه مجموعة من الحفّازات المختلفة، المتباينة الشكل والحجم، لكنها جميعها كبيرة المساحة السطحية دائمًا.

## الميثانول

الميثانول، أو الكحول الميثيلي، سائل صافٍ يمكن تخزينه في قوارير مئة عام بدون أن يتغير. لكنه إذا أُمِرَ فوق حافز من الزيوليت المُحمى، يتحول فوراً، بتفاعل كيميائي لافتي، إلى بترين. ويُستخدم هذا التفاعل المهم اقتصاديًا في نيوزيلندا كجزء من عملية تحويل الغاز الطبيعي إلى بترين.



بترين

ميثانول

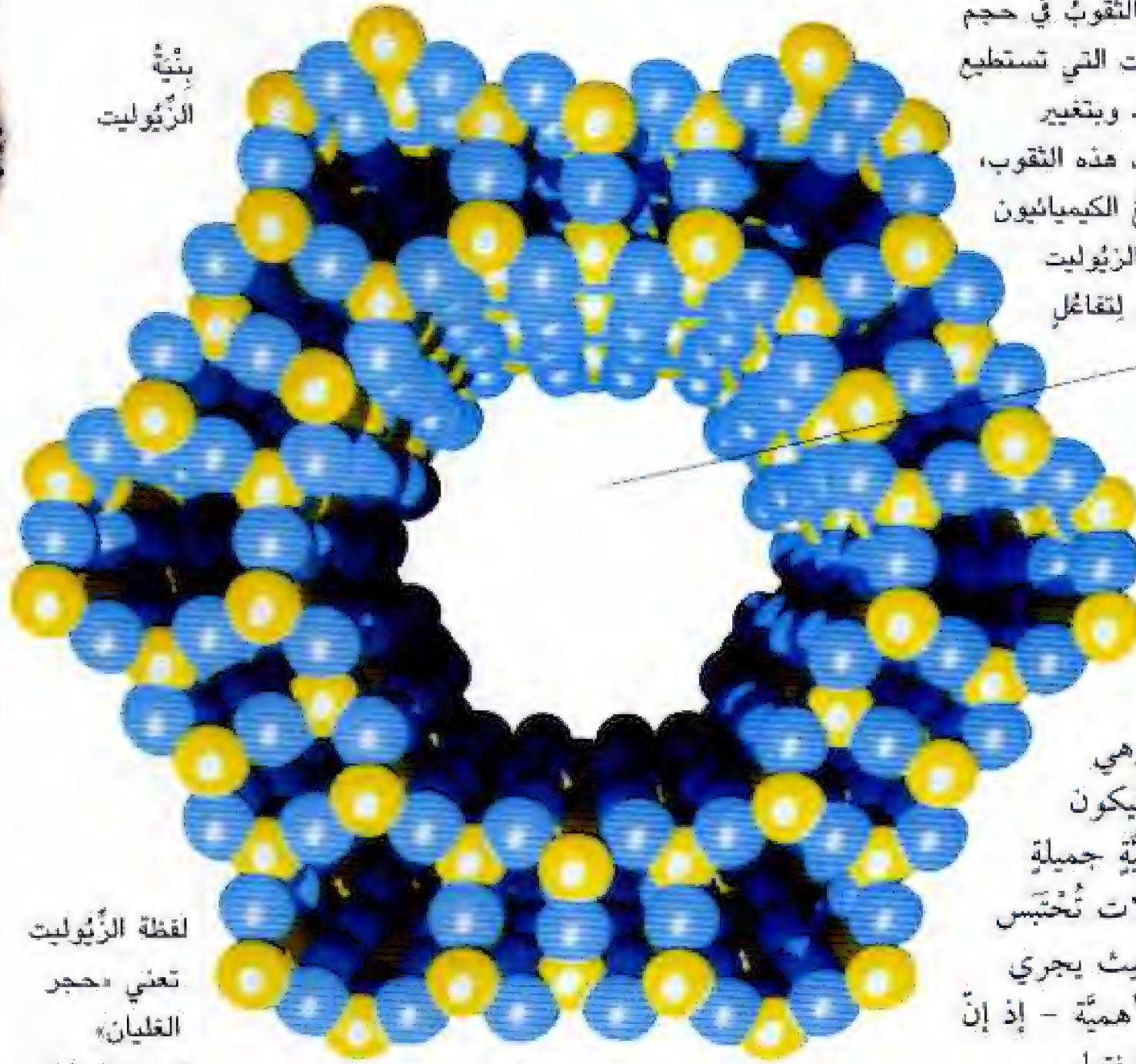
## الخلايا الوقودية

تُستخدم الخلايا الوقودية في العربات الفضائية حَقَارًا فلزيًا، هو البلاتين غالبًا، لتحويل مخزونها من الهيدروجين والأكسجين إلى ماء. وهذا التفاعل يُولّد طاقة كهربائية تُمدّ أجهزة العربة بالقدرة، وفي الوقت نفسه يُنتج ماءً يفي بحاجة الطاقم للشرب والغسيل وإعادة إمالة الطعام. وهكذا نرى أنه حتى رواد الفضاء يعتمدون على الحفّازات.



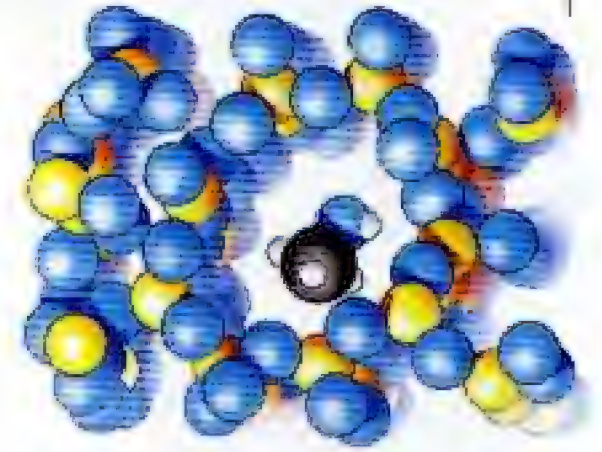
لفظة الزيوليت تعني «حجر الغليان» باليونانية لأنه عند إحمائه يُطلق الماء من ملايين الأقنية الدقيقة بداخله (ويصبح حفّازًا شديد الفعالية).

بنية الزيوليت



تتحكّم الثقوب في حجم الجزيئات التي تستطيع الدخول. ويتغير مقاسات هذه الثقوب، يستطيع الكيميائيون تخليق الزيوليت المناسب لتفاعل مُعين.

جزيء متفاعل مُحْتَبَس في ثقب الزيوليت



## الزيوليتات

الزيوليتات طائفة مذهشة من الحفّازات توجد طبيعيًا في الصخور البركانية؛ كما يمكن تصنيعها أيضًا. وهي تتألف عادةً من ذرات الألومنيوم والسليكون والأكسجين مترابطة معًا في بنية نخروبية جميلة تحوي ملايين الثقوب. فخلال التفاعلات تُحتبس الجزيئات المتفاعلة في هذه الثقوب حيث يجري تفاعلها. إن حجم الثقوب أمر بالغ الأهمية - إذ إن ذلك يسمح لجزيئات من أحجام مُعيّنة فقط بالدخول لإجراء التفاعل الكيميائي.

الثقوب في ملعقة كبيرة من الزيوليت توفر مساحة تفاعل تعادل مساحة ملعبين لكرة القدم.



## مساحة السطح

تعمل معظم الحفّازات بتقريب المتفاعلين واحدهما إلى الآخر عن طريق تشكيل روابط مؤقتة مع أحدهما أو كليهما. لذا فمن المهم جدًا أن يكون الحفّاز ذا مساحة سطح كبيرة لأن هذا السطح هو المكان الذي تجري فيه التفاعلات. فمثلًا، مساحة الثقوب في ملعقة كبيرة من الزيوليت تعادل مساحة ملعبين مُجتَمعين لكرة القدم.



## فلهم أوستوولد

فلهم أوستوولد (١٨٥٣-١٩٣٢) كيميائي ألماني، أجرى أبحاثاً حول الحفّازات في وقت كانت فيه فكرة إيجاد مادة كيميائية تُغيّر سرعة تفاعل ما مُثيرةً للتهكم. غير أنه ثابر على عمله وبُين للعالم الأهمية الفائقة للحفّازات بتطويره طريقة لتحويل الأمونيا إلى حامض النتريك. وفي عام ١٩٠٩، مُنح جائزة نوبل للكيمياء.



## الأنزيمات

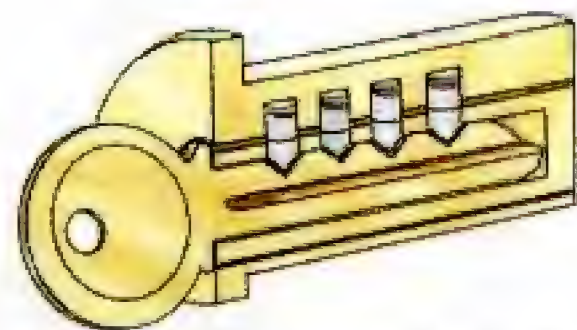
تُنتج الطبيعة حفّازات حيوية رائعة هي الأنزيمات، التي بدونها كانت تُصبح آلاف التفاعلات في الجسم البشري من البطء بحيث يستحيل استمرار الحياة. تُحفّز الأنزيمات في أجسامنا انحلال الطعام وتُساعد في تخليق كيماويات مهمة كالبروتينات. كما تُستخدم الأنزيمات اليوم أيضاً لتصنيع الأدوية ومساحيق الغسيل وعصير الفاكهة.



يُصفر عصير الفاكهة الكير بواسطة الأنزيمات.

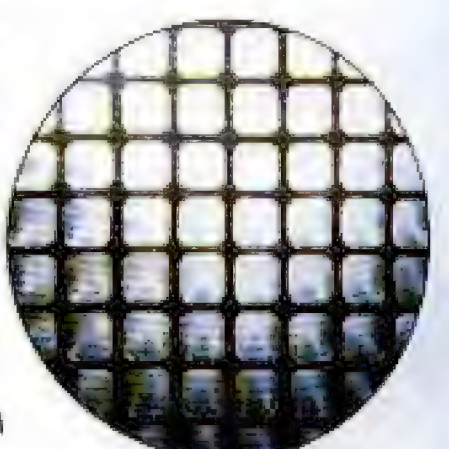
تعمل الأنزيمات في مساحيق الغسيل على تفكيك البقع وإزالتها.

الأنزيم، بخلاف غيره من الحفّازات، يُحفّز نوعاً مُعيّناً من التفاعلات. فكما المفتاح الصحيح فقط يلائم قفلاً مُعيّناً، كذلك يجب أن تتلاءم الجزيئات المتفاعلة بدقة مع جزيء الأنزيم.



**مساحيق الغسيل الأنزيمية**  
تحتوي مساحيق الغسيل البيولوجية حفّازات أنزيمية تُساعد في تفكيك البقع وإزالتها. وهذه المساحيق غير فعّالة في الماء الحار لأن درجات الحرارة العالية تقتل الأنزيمات.

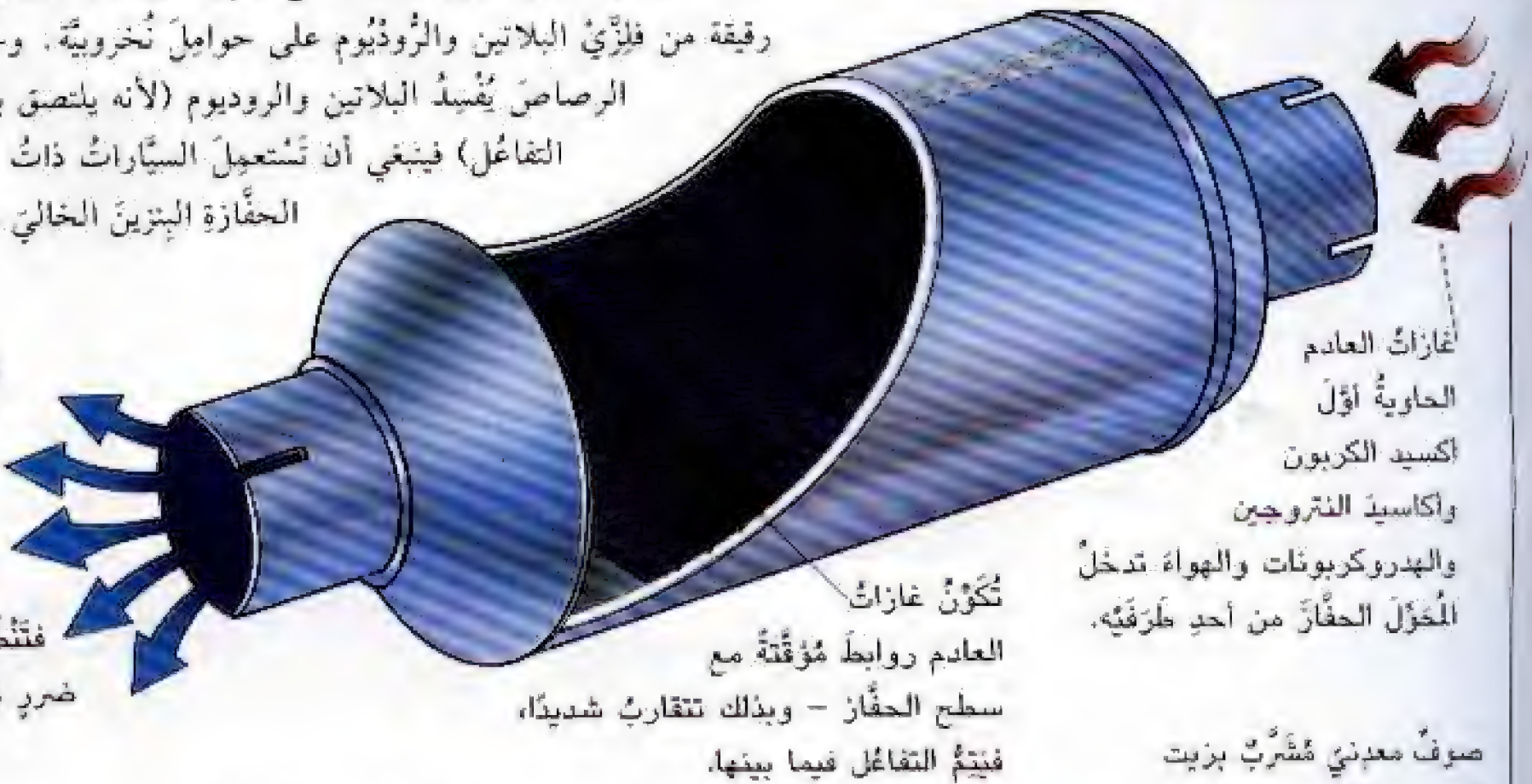
توجد داخل المحوّل بنى تُخزّنية مُطلية بطبقة رقيقة من فلزيّ البلاتين والروديوم - وهما عُنصران الحفّاز في المحوّل.



## المحوّل الحفّاز

تحتوي بعض السيارات مُحوّلًا حفّازًا. هذا المحوّل يُحيل غازات العادم السامة الملوّثة للهواء إلى غازات أقل ضرراً. ويتألف المحوّل من طبقات رقيقة من فلزيّ البلاتين والروديوم على حوامل تُخزّنية. وحيث إنّ الرصاص يُفسد البلاتين والروديوم (لأنه يلتصق بهما ويمنع التفاعل) فينبغي أن تستعمل السيارات ذات المحوّلات الحفّازة البترين الخالي من الرصاص.

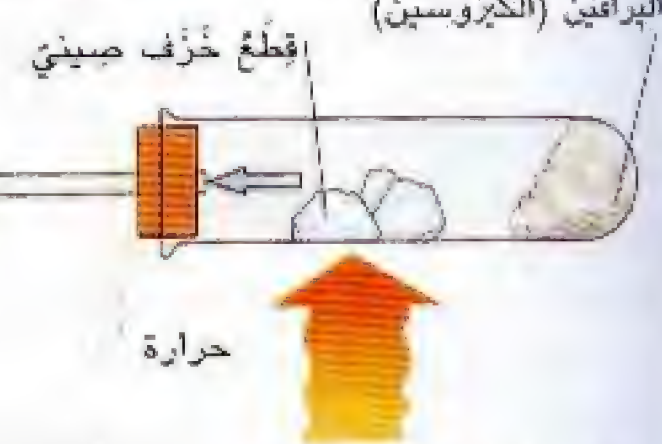
يُحيل المحوّل أوّل أكسيد الكربون والهيدروكربونات إلى ثاني أكسيد الكربون وماء؛ كما يُحوّل أكاسيد النيتروجين إلى نيتروجين - فتتطوّل المُنتجات إلى الهواء دون ضرر يُذكر.



غازات العادم الحاوية أوّل أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات تدخل المحوّل الحفّاز من أحد طرفيه.

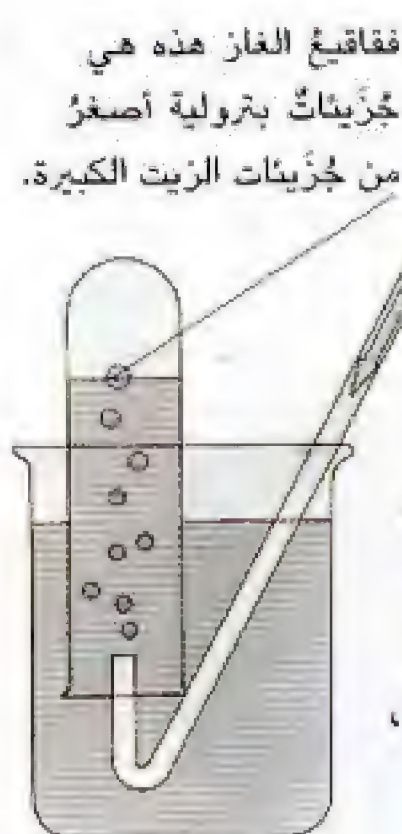
تُكوّن غازات العادم روابط مؤقتة مع سطح الحفّاز - وبذلك تتقارب شديداً، فيتمّ التفاعل فيما بينها.

صوف معدني مُشرب بزيت الهرافين (الكروسين)



## التكسير في المُختبر

يمكن استخدام قطع الخزف الصيني كحفّاز لتفكيك زيت الهرافين؛ ويُعرف هذا التفاعل بالتكسير. فإذا أُحمي الصوف المعدني المُشرب بزيت الهرافين في أنبوب اختبار بحيث يمرّ الزيت فوق الخزف الصيني، فإنّ روابط جزيئات الزيت الكبيرة تتفكك وتتكوّن جزيئات غازية أصغر وأخفّ يمكن تجميعها.



فقاعات الغاز هذه هي جزيئات بترولية أصغر من جزيئات الزيت الكبيرة.

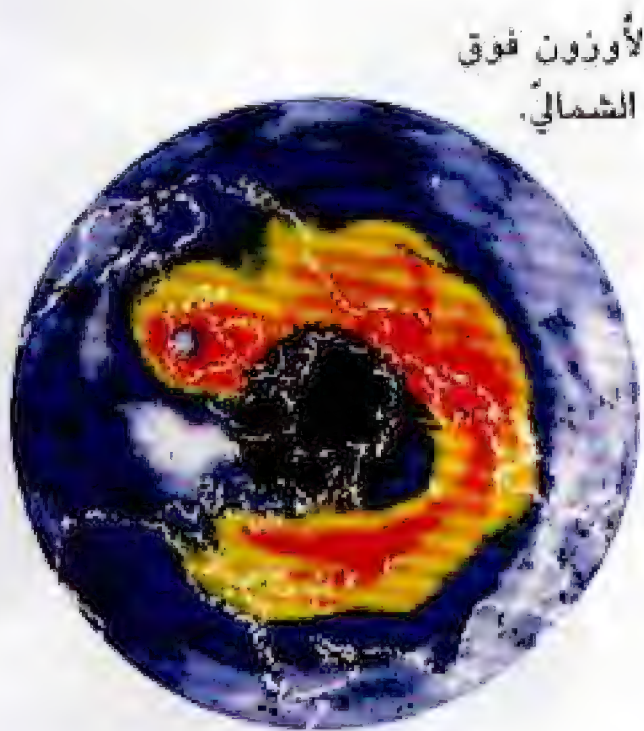
## التكسير بالحفّاز

الجزيئات المولّفة من سلاسل طويلة من ذرات الكربون تُصبح أكثر إفادة إذا ما أُحميت وفُكّلت إلى قطع أصغر. إنّ عملية التكسير هذه تتطلب درجات عالية جداً من الحرارة؛ لكنها باستخدام حفّاز كالزئوليت، تصبح أسهل وأسرع. وهكذا يمكن تحويل جزيئات النفط الخام الكبيرة إلى جزيئات أصغر أكثر إفادة كجزيئات البترين.



## حفّاز انحلال الأوزون

الكلور الناتج عن تفكك الغازات الكربونية، المُهلجنة بالكلور والفلور، هو الحفّاز الفعّال في إحالة الأوزون إلى أكسجين في طبقات الجو العليا. وككلّ الحفّازات، يبقى الكلور على حاله في نهاية التفاعل، فيتابع تفكيك المزيد من الأوزون. وهذا هو سبب الثقب الخطير في طبقة الأوزون في أعالي الجو.



طبقة الأوزون فوق القطب الشمالي.

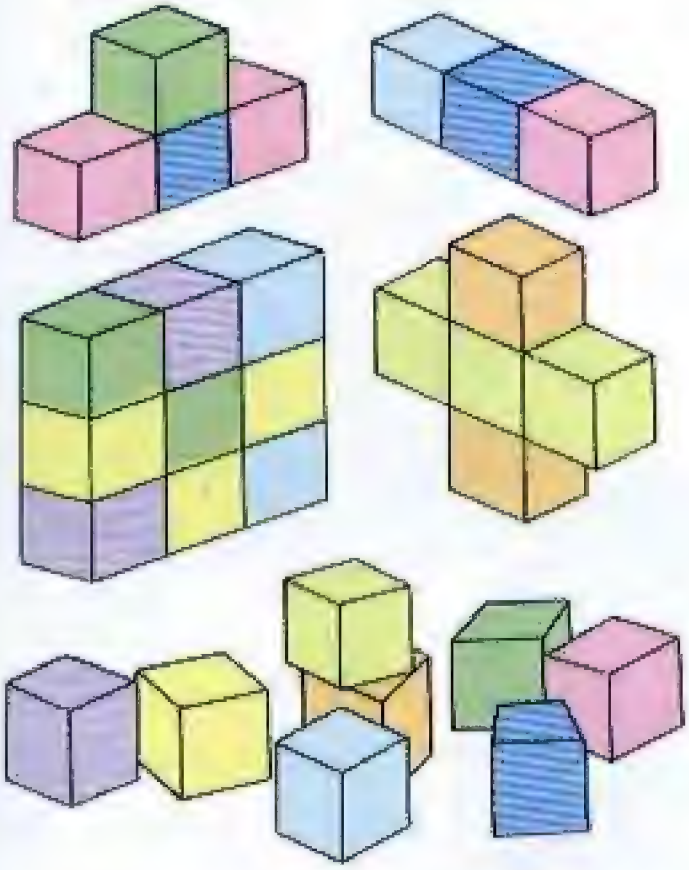
## لمزيد من المعلومات انظر

- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- سرعات التفاعل ص ٥٥
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- مُنتجات النفط ص ٩٨
- الهضم ص ٣٤٥



# المركبات والمزيجات

قلما تتواجد العناصر حرة في الطبيعة؛ فمعظم المواد تتألف من عنصرين أو أكثر ترابطت ذراتها بطرق وتفاعلات كيميائية مختلفة لتكوّن المركبات. وهذه من العسير جدًا فصلها بعد ذلك إلى مقوماتها. جزيء الماء، مثلاً، يتألف من ذرتي هيدروجين متحدتين مع ذرة واحدة من الأكسجين. إن اتحاد العناصر كيميائياً لتكوين المركبات يختلف اختلافاً جذرياً عن مجرد مزج المواد معاً للحصول على مزيج - حيث تختلط العناصر أو المركبات المختلفة دونما تفاعل كيميائي، كماء البحر الذي هو مزيج من الماء وبعض المركبات كملح الطعام. تمتاز المواد لتكوين المزيج بأي نسبة وتحتفظ المقومات بخواصها، بخلاف مقومات المركب؛ لذا يمكن فصل المزيجات إلى مكوناتها المختلفة بطرق سهلة.



## كُتْلُ البناء

كما تُستخدم حروف الهجاء في بناء ملايين الكلمات، هكذا تُستخدم العناصر في تكوين ما لا يحصى من المركبات المختلفة. فالعناصر هي كُتْلُ البناء الطبيعية المستخدمة في تكوين الكثير الكثير من البنى الكيميائية المختلفة.

## الحديد والكبريت

في مزيج من برادة الحديد والكبريت نَظَلُّ الذرات مُنفصلة، ويحتفظ كلٌّ من الحديد والكبريت بخواصه المُميزة. أما عند إحماء المزيج، فيحصل تفاعل كيميائي يُنتِج مُركَّباً أسوداً هو كبريتيد الحديد. وهذا المركب يحوي ذرات الحديد مترابطة كيميائياً مع ذرات الكبريت؛ وهو ذو خصائص مختلفة تماماً عن خصائص المزيج أو مكوناته المنفردة.



عندما تمتزج برادة الحديد مع الكبريت، يَظَلُّ بإمكانك مشاهدة دقائق الحديد السوداء في مسحوق الكبريت الأصفر.



كبريتيد الحديد مُركَّب أسودٌ بَرَّاق، تختلف خصائصه عن خصائص العنصرين اللذين تألف منهما.

## خصائص المركبات والمزيجات

المركبات، ككبريتيد الحديد، تختلف اختلافاً جذرياً في خصائصها عن خصائص العناصر التي تتألف منها؛ لكن المزيج يحتفظ بخصائص المواد التي يحتويها. وهكذا فإنَّ فصل المركب إلى عناصره أمرٌ صعبٌ، إذا لم يكن مستحيلاً أحياناً؛ بينما يمكن فصل المزيج إلى مقوماته بسهولة تامة، كفصل برادة الحديد بالمغناطيس في مزيج الحديد والكبريت. كذلك فإنَّ المركب يحوي دائماً نسبةً ثابتةً من العناصر التي تؤلفه - فكبريتيد الحديد (ح ك ب) يحوي دائماً جزءاً واحداً من الحديد للجزء الواحد من الكبريت. أما في المزيج، فيمكن أن تتغير نسب المواد المختلفة التي يتألف منها.

مغناطيس

يمكن فصل الحديد بالكبريت. كما يمكن فصل الحديد والكبريت. كذلك فإنَّ المركب يحوي دائماً نسبةً ثابتةً من العناصر التي تؤلفه - فكبريتيد الحديد (ح ك ب) يحوي دائماً جزءاً واحداً من الحديد للجزء الواحد من الكبريت. أما في المزيج، فيمكن أن تتغير نسب المواد المختلفة التي يتألف منها.



يمكن فصل الحديد في مزيج الكبريت والحديد بالمغناطيس؛ فالحديد في المزيج يحتفظ بخصائصه المغناطيسية.

في المزيج، يمكن فصل برادة الحديد عن الكبريت باستخدام المغناطيس.

هناك مركبات ومزيجات عديدة في منظر المدينة الظاهرة في الصورة.

الرجاج مركب من السليكون والأكسجين.

هيكل السيارات مصنوعة من مزيجات فلزية تدعى سبائك.



## قانون النسب الثابتة

يلح الطعام (كلوريد الصوديوم، ص كل) مركب يتواجد في ماء البحر ومناجم الملح، ويمكن تحضيره في المختبر. لكنه يبقى الملح ذاته المركب جزيئه من ذرة واحدة من الصوديوم وذرة واحدة من الكلور. ويُنص قانون النسب الثابتة على أن كل مركب نقي يحوي دائماً العناصر نفسها بنسب ثابتة بالوزن.

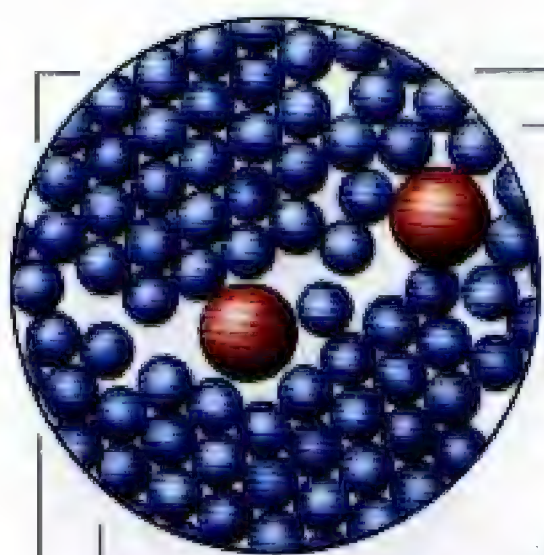


## جوزيف لوي بروس

كان الكيميائي الفرنسي، جوزيف - لوي بروس (1754-1826)، مؤلفاً بتحليل كل ما يقع في متناوله. فاكشف أن نسب العناصر في أي مركب هي دائماً ثابتة. ولم يرق ذلك لعلماء عصره، لمخالفته مقاهيمهم لكن بروس كان على حق - فقد اكتشف قانون النسب الثابتة.



## التفاعلات



### السبائك

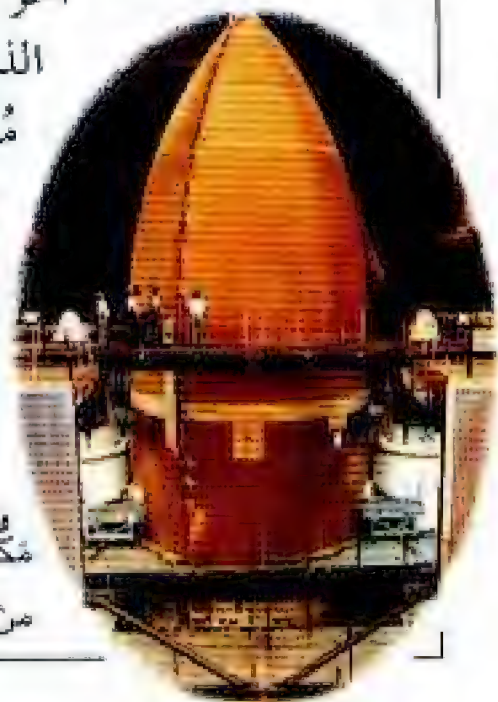
بعض الأجسام،  
كالعربات الفضائية،  
تُصنع بالضرورة من  
مواد خفيفة ومتينة؛

والفلزات النقية لا تحقق  
هذه المواصفات. لذا  
تُستخدم مزيجات من  
الفلزات تُدعى السبائك -

وهي تُصنع بإضافة كمية قليلة من فلز نقي إلى فلز  
آخر. وحيث إن شكل

الذرات في الفلز المضاف  
مختلف، فإنها تُغيّر بنية  
الفلز الأصلي وتجعله  
أمتن وأقوى على  
الشد.

مكون الفضاء هذا مصنوع  
من سبيكة تيتانيوم.

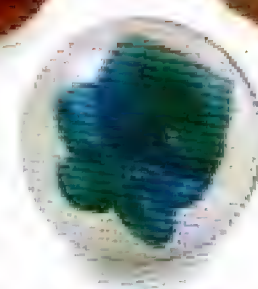


في تشبيلة السلطة،  
يطفو الزيت فوق  
الخل - كونهما  
سائلين لامتزاجين.

الجعة مزيج من  
سائلين مزوجين هما  
الكحول والماء - فلا  
يُنفصلان إلى طبقتين.

الجل الشجري مزيج من جامد  
ودهن وماء. فالدهن يحتبس  
الماء ويمنعه من الحركة.

الطحين يشكل مُستحلبًا مع  
الماء عند مزجهما معًا. في  
المواد الغروانية تكون  
الجسيمات المُستحلبة  
صغيرة جدًا.



تُخزن البخور مزيج من  
دقائق العُبارية الجامدة مع  
الهواء.

الخبز مزيج  
من جامد وغاز.

رغوة  
الجلالة  
مزيج من  
سائل وغاز.

في  
المشروبات الأثرية غاز، هو  
ثاني أكسيد الكربون،  
مذاب في السائل.

## أنواع المزيجات

يمكن مزج الجوامد والسوائل  
والغازات بتوليفات ونسب  
مختلفة. وتأخذ مزيجات  
السوائل أشكالًا متعددة؛ فالماء  
والكحول مزوجان، أي  
يمتزجان بسهولة. أما السوائل  
اللامزوجة، كالخل والزيت،  
فيطفو أحدهما (الزيت) فوق  
الآخر. لكن بإضافة عامل  
استحلاب (مُستحلب)، تستعلق  
قطرات الزيت في الخل لتكوّن  
مزيجًا يُدعى مُستحلبًا.  
والمايونيز هو مُستحلب من  
الزيت والخل، والمُستحلب فيه  
هو ملح (صفر) البيض.

## التخليق والتفكيك

كثيرًا ما يُركّب الكيميائيون جزيئات أكبر، وأكثر إفادة، من  
جزيئات صغيرة؛ ويُعرف هذا بالتخليق. لكنهم أحيانًا  
يجدون ضرورة لفعل عكس ذلك - فيحللون جزيئات كبيرة  
إلى جزيئات صغيرة؛ ويُعرف هذا بالتفكيك.

الكلور غاز أخضر  
اللون سام.

يُتخذ الصوديوم مع  
الكلور فينتجان كلوريد  
الصوديوم، أي ملح  
الطعام.



الصوديوم فلز  
قضي رمادي  
شديد التفاعلية.

## مركبات مختلفة من العناصر نفسها

يُنتج الشحاس والأكسجين مركبتين مختلفتين:  
أكسيد الشحاس (I)، وهو مسحوق أحمر بني  
يتألف بنسبة جزيئين من الشحاس إلى جزء واحد من  
الأكسجين، وأكسيد الشحاس (II) الذي يتألف  
بنسبة جزء واحد من  
الشحاس إلى جزء  
واحد من الأكسجين  
ولونه أسود رمادي.

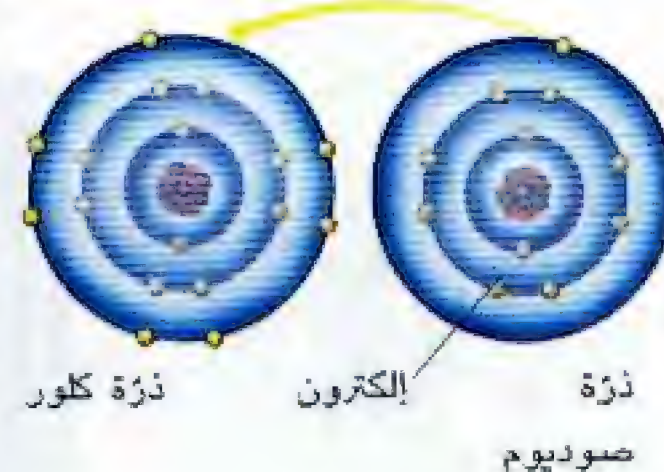


أكسيد الشحاس (I)  
(نح 1)



أكسيد الشحاس (II)  
(نح 2)

تتحلل ذرة الصوديوم عن إلكترون  
واحد لذرة الكلور، فيُصبح في الغلاف  
الخارجي لكل منهما ثمانية إلكترونات.



ذرة  
كلور  
إلكترون  
ذرة  
صوديوم

## إلكترونات الانتقال

تتألف الذرة من نواة يدور حولها عدد من الإلكترونات  
في مستويات أو غلافات متباعدة، وتكون الذرة أكثر  
استقرارًا إذا احتوى غلافها الخارجي ثمانية إلكترونات،  
وتكون متفاعلة وربما خطيرة بأقل من ذلك. ففي اتحاد  
الصوديوم والكلور تُغيّر إلكترونات الانتقال مواقعها  
ليُصبح الغلاف الخارجي لكل ذرة من الصوديوم  
والكلور مستقرًا. والمركب الناتج عن هذا الاتحاد هو  
ملح الطعام المستقر واللامتفاعل.

## تكوين المركب

تختلف المركبات  
اختلافًا جذريًا عن العناصر  
التي تولدت منها. فملح الطعام،  
المعروف بالخصائص، مركب  
من الصوديوم والكلور - علمًا أن الصوديوم فلز خطير التفاعلية مع الهواء  
والماء (لذا يُخفظ في الزيت)، والكلور غاز أخضر اللون شديد التفاعلية  
وسام إذا استنشق بكميات كبيرة. لكن عندما تتحد ذرات الصوديوم مع  
ذرات الكلور تفقد خصائصها الخطيرة والسامة - مكونة مركبًا جديدًا هو  
كلوريد الصوديوم أي ملح الطعام المألوف.



## النقاوة

المواد النقية كيميائيًا تحوي نوعًا واحدًا من  
الذرات أو الجزيئات فقط. فالذهب النقي  
يتألف من ذرات الذهب ولا شيء سواه. وتوصف  
بعض المشروبات أحيانًا بأنها «عصير نقي» -  
بمعنى أنها لا تحوي أي مواد اصطناعية.  
لكن الكيميائي لا يعتبر العصير مادة نقية،  
بل خليط من مركبات متعددة كالماء  
والسكر. فالمزيجات على العموم  
ليست نقية، بخلاف المركبات التي  
تحوي نوعًا واحدًا من الجزيئات.

رغم أن عصير البرتقال الطازج لا يحوي أي  
إضافات، فالكيميائي لا يصفه بالنقاوة - لأنه  
يحتوي أكثر من  
نوع واحد من  
الجزيئات.



فقط الذهب عيار ٢٤  
قيرًا هو ذهب نقي.  
أما الأقل من ذلك،  
فمزيج من الذهب  
وقلويات أخرى زخيفة.

الذهب عيار ٩ قراريط  
يحتوي ٢٧٪ ذهبًا فقط.



خاتم ذهبي  
عيار ٩ قراريط



٢٤  
قيرًا  
٢٢  
قيرًا  
١٨  
قيرًا  
١٤  
قيرًا

## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- المحاليل ص ٦٠
- فضل المزيجات ص ٦١
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- السبائك ص ٨٨
- مستحضرات التجميل ص ١٠٣



# المحاليل

يبدو ماء البحر صافياً، لكنه يحوي الكثير من المواد كالأملح وغازات الهواء وسواها مُذابة فيه؛ فهو مثل على المحاليل التي هي مزيجات من نوع خاص تمتزج فيه الجزيئات المختلفة بالتساوي. وتُحضّر المحاليل عادةً بإذابة جامد في سائل، كإذابة السكر في الشاي؛ فالسكر يُدعى المُذاب والشاي يُدعى المُذيب. وهناك أنواع أخرى من المحاليل تكون فيها الجوامد والسوائل والغازات مُذابات أو مُذيبات. المحاليل المركزة تحوي كميات كبيرة من المُذاب في مقدار مُعيّن من المُذيب. قُرب البرتقال، مثلاً، هو محلول مُركّز نشربه مُخففاً بإضافة الماء.



شراب  
الفاكهة الأزرق هو  
محلول من عصير  
الفاكهة والسكر وثاني أكسيد الكربون.

## محاليل لا سائلة

الهواء محلول غازي يحوي الأكسجين وغازات أخرى مُذابة في النتروجين، وتُصنع السفن من سبائك هي محاليل جامدة من فلز مُذاب في فلز آخر.

### مُذيبات مُختلفة

بعض المواد لا تذوب في الماء. فبعض أنواع الغراء مثلاً، تستلزم مُذيبات خاصة (تُدعى مُذيبات عضوية) كالأسيتون، لإذابتها. فعندما يجف الغراء، يتبخّر المُذيب تاركاً وراءه جامداً لاصقاً يلزق السطحين معاً.

يدوب الهواء الذي يستنشقه الغطاسون في الدم مُكوّناً محلولاً. فإذا صعد الغطاس فجأة إلى سطح الماء، ينطلق الهواء من المحلول مُكوّناً فقاعات هوائية في الدم. وهذه حالة خطيرة تُعرف بالثخني.



## المحاليل المُشبعة

يحوي البحر الميت في فلسطين، كميات كبيرة من الملح. وكلما زاد التبخر لبُحيرة البحر، تناقص كمية المياه فيما تبقى كميات الملح على حالها، فتترسب بلورات جامدة لعدم وجود مُتسع لكل الملح المُذاب. عندما لا تعود المحاليل تُشبع لمزيد من المُذاب تكون قد أصبحت مُشبعة.

### لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- التراكيب الكيميائية ص ٢٨
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- فضل المزيجات ص ٦١
- كيمياء الماء ص ٧٥
- المواد اللصوقة ص ١٠٦

## جوامد غير ذوّبة

المواد التي تذوب في الماء، كبعض الأملاح، تُدعى مواداً ذوّبة أو ذوّابة فيه؛ بينما غير الذوّابة، كالرمل والرّيت، لا تذوب في الماء. وذلك لأن الماء لا يمكنه التغلب على القوى التي تربط جزيئات الرمل أو الرّيت بعضها ببعض. فهذه الجزيئات تؤثر البقاء مترابطة فيما بينها على الانفصال عن بعضها والامتزاج مع جزيئات الماء.

## الجزيئات المتجاذبة

تعتمد ذوّبية مادة ما على مدى التجاذب بين جزيئات المُذاب وجزيئات المُذيب. فالماء مُذيب جيد لأن جزيئه ذو شحنة كهربائية ضئيلة تمكنه من تكوين روابط ضعيفة مع جسيمات مشحونة أخرى. بعض المركبات، كالأملح، تنحل في الماء إلى نوعين من الجسيمات المشحونة، تُسمى أيونات، أحدهما موجب الشحنة والآخر سالب الشحنة. وهذه الأيونات يمكنها أن تشكل روابط ضعيفة مع جزيئات الماء.

يتجاذب أيون موجب الشحنة إلى طرف جزيء الماء السالب.



تستخدم الأسماك الكميات القليلة من الأكسجين المُذابة في الماء لتعيش. إن الغازات المُذابة في السوائل، على عكس الجوامد، تنطلق منها عند الإحما؛ لذا لا تستطيع الأسماك العيش في المياه المُفرطة الدفء.



## المُذيب العام

اكتشف الكيميائيون، من خلال تجاربهم، طرّاً لتفكيّة الفلزّات بتدويرها في بعض المُذيبات. وهم جاهدوا، عبثاً، في البحث عن «مُذيب عام» يُذيب كل شيء. ولو نجحوا، تُرى أين كانوا سيضعونه؟



# فصل المزيجات

يستخدم الكيميائيون أساليب تقنية مختلفة لفصل المزيجات، كالترشيح والتقطير والفرز بالطرد المركزي وغيرها. ويعتمد الأسلوب المستخدم على نوع المزيج وعلى خصائص المواد التي يتألف منها. وفي المنازل تستخدم مصفاة لترشيح أوراق الشاي؛ وإذا كانت أوراق الشاي من الحجم الكبير، فيمكن تركها لتستقر في قاع الكوب قبل أن يشرب الشاي. ويعرف هذا النوع من فصل المزيجات بالترويق والتصفيق.



## التصفيق

الباحثون عن الذهب في مجاري الأنهار الضحلة، يستخدمون أوعية مسطحة واسعة يعرف خليط من الرمل والحصى وماء النهر. ثم يدومون الخليط في الوعاء، فتستقر في قعره جسيمات الذهب الثقيلة - إن وجدت، ويصفى السائل الموحل غير المرغوب فيه بإمالة الوعاء بعناية. ففي طريقة التصفيق هذه تفضل المواد المختلفة الكثافة كما تصفى القشدة الطافية (الأقل كثافة) من الحليب.

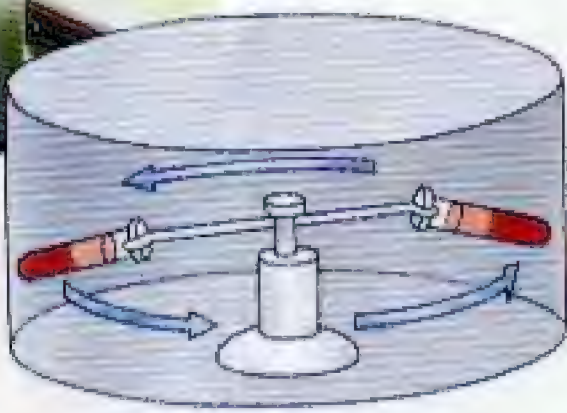


## التجفيف

للحفاظ على جفاف المواد في مختبره، يحفظها الكيميائي في مجفاف (وعاء تجفيف). والمجفاف المحكم السد يحوي مادة ماصة للرطوبة، كجل السليكا، تمتص الرطوبة من الهواء. وكثيراً ما توضع رزم صغيرة من جل السليكا في محافظ الكاميرات لحماية عدسة الكاميرا من الرطوبة. إن عملية التجفيف هذه هي، بمختلف أشكالها، وسيلة بسيطة لإزالة الماء من الجوامد.



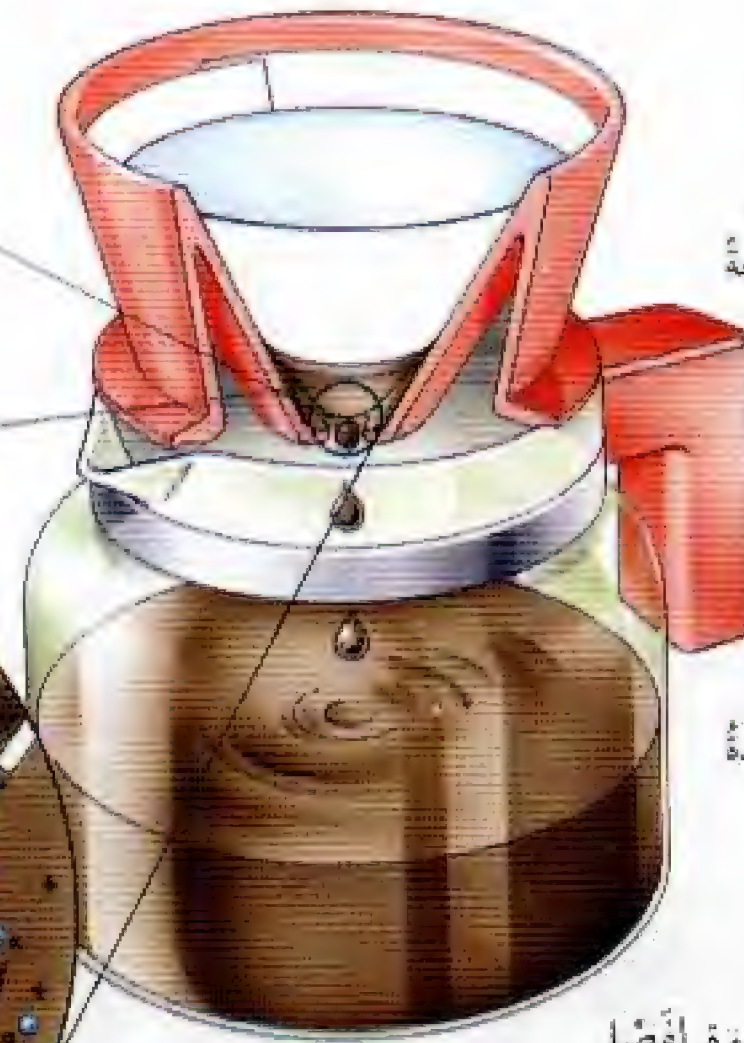
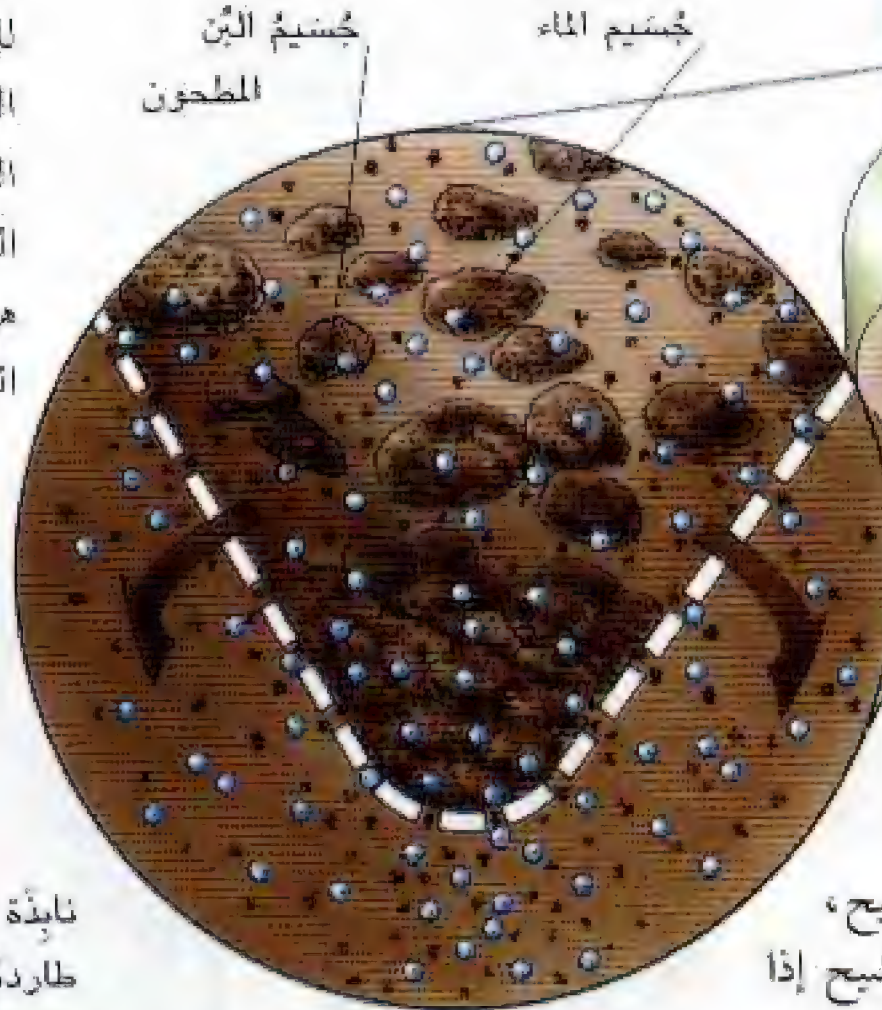
بالثدويم السريع تهبط الجسيمات الثقيلة إلى قعر الأنبوب.



## الطرد المركزي

تقرّر النايطة، كما المصفقة الترددية، مزيجات السوائل والجوامد بتدويمها بسرعة عالية. فتتهبط المواد الثقيلة مبتعدة إلى القعر، وتعلوها المواد الأقل كثافة. ويتم قرّر الدم في أنابيب الاختيار بهذه الطريقة لفصل خلايا الدم الثقيلة عن سائل البلازما الأخف.

الماء ومذاباته فقط تفرغ غير مسام ورقة الترشيح - بينما تحتجز جسيمات البن الكبيرة.



## الترشيح

يستخدم ورق الترشيح في غلاية القهوة لفصل مسحوق البن المحمص عن سائل القهوة. فعندما يمر بخار الماء فوق مسحوق البن، تذوب خلاصة القهوة في الماء المتكاثف وتعبّر مسام ورقة الترشيح. أما دقائق البن الغليظة فتظل مكانها فوق ورقة الترشيح، لأنها أكبر من أن تعبّر المسام المرشحة. تفضل مقومات المزيج بطريقة الترشيح إذا كانت حجوم جسيماتها متباينة القد جداً - الدقيقة منها ترشح، والكبيرة تحتجز.

## التقطير

يتحول ماء البحر بالإغلاء إلى بخار. وإذا برّد البخار يتكثف إلى ماء نقي. هذه الطريقة المستخدمة في فصل المزيجات تعرف بالتقطير، وتستخدم خاصة للحصول على الجزء السائل من المزيج. كما تستخدم أيضاً في فصل مزيج من السوائل المتفاوتة درجة الغليان، وتعرف عندئذ بالتقطير التجزيئي أو التفاضلي. فالسائل ذو درجة الغليان الأخفض يتقطر أولاً، وذو درجة الغليان الأعلى يتقطر أخيراً.



## تجفيف المحاصيل بالتشميس



## التبخير والتبخير

يمكن تجفيف العنب بالتشميس؛ فتحوّل حرارة الشمس الماء في العنب، مثلاً، إلى بخار ينسحب إلى الهواء - تاركاً وراءه الرزيب الممتصن. التبخير (أو التبخير) وسيلة لإزالة السوائل بالحرارة. إن تجفيف الشعر هو مثل آخر على هذه الوسيلة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- خصائص المادة ص ٢٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- منتجات النفط ص ٩٨
- الحركة الدائرية ص ١٢٥



# التَّحْلِيلُ الكِيمَاوِيّ

يَعْمَلُ الكِيمَاوِيُّونَ أحيانًا كَشُرْطَةِ التَّحْرِي فِي بَحْثِهِمْ عَنْ دَلَالَاتٍ تَنِمُّ عَنْ مَاهِيَّةِ الْمَادَّةِ الْحَقِيقِيَّةِ. فكيمائيُّ التَّغْذِيَّةِ، مَثَلًا، يُجْرِي اخْتِبَارَاتِهِ لِلتَّحَقُّقِ مِنْ سَلَامَةِ الْأَغْذِيَّةِ وَخُلُوقِهَا مِنَ السُّمُومِ أَوِ الْبَكْتَرِيَا. وَيَفْخَصُ كِيمَاوِيُّ التَّحْلِيلِ الطَّبِيَّةِ سَوَائِلَ الْجِسْمِ كَالدَّمِ وَالْبَوْلِ لِكِتْشَافِ طَبِيعَةِ الْمَرَضِ أَوْ مُسَبِّبَاتِهِ. وَكِيمَاوِيُّ الْبَيْئَةِ يُحَدِّدُ سَلَامَةَ الْبَيْئَةِ بِفَخَصِ عَيِّنَاتٍ مِنَ الْهَوَاءِ وَالْمَاءِ وَالتُّرْبَةِ دُورِيًّا، وَيُسَجِّلُ مُسْتَوِيَّاتِ التَّلَوُّثِ. وَفِي مَتَاوَلِ الْعُلَمَاءِ الْيَوْمِ وَسَائِلُ تَقْنِيَّةٍ عَدِيدَةٍ وَمُتَنَوِّعَةٍ لِتَحْلِيلِ الْمَوَادِّ وَتَحْدِيدِ مُكَوِّنَاتِهَا. فَالتَّحْلِيلُ النَّوْعِيُّ يُحَدِّدُ مُكَوِّنَاتِ الْمَادَّةِ نَوْعًا (مَاهِيَّةً)، بَيْنَمَا يُحَدِّدُ التَّحْلِيلُ الْكَمِّي هَذِهِ الْمَكُونَاتِ كَمًّا (وَرَزْنًا).

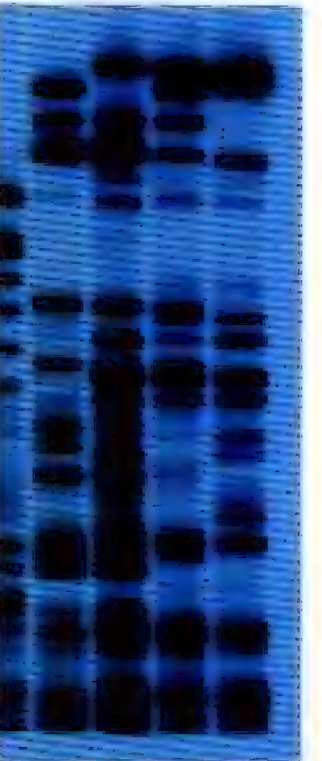
محلول  
مُحدَّد  
التركيز

محلول الاختبار  
العديم اللون يصبح  
احمر ورديًا عندما  
يكتمل التفاعل.

## المُعَايِرَة

يُسْتَعْمَلُ الكِيمَاوِيُّونَ الْمُعَايِرَة بِالتَّحْلِيلِ الْحَقِيقِي لِقِيَاسِ تَرْكِيزِ الْمَحَالِيلِ، فَيَجْعَلُونَ الْمَحْلُولَ بِتَفَاعُلٍ مَعَ مَادَّةٍ كِيمَاوِيَّةٍ أُخْرَى مُحَدَّدَةٍ التَّرْكِيزِ؛ وَعِنْدَمَا يَحْصُلُ تَغْيِيرٌ فِي اللَّوْنِ، يَكُونُ الْمَحْلُولُ قَدْ تَفَاعَلَ بِكَامِلِهِ. وَبِحَسَابِ كَمِّيَّةِ الْمَادَّةِ الْمُتَفَاعَلَةِ مِنَ الْمَحْلُولِ الْعِيَارِيِّ يُمْكِنُ احْتِسَابُ تَرْكِيزِ الْمَحْلُولِ الْمُخْتَبَرِ.

لِكُلِّ قَرْدٍ جَانِبِيَّةٍ  
د ن أ فَرْيَدَةٍ  
وَتَخْتَصُّ بِهِ  
وَحْدَةً.



## عُلُومُ الطَّبِّ الشَّرْعِيِّ

يُسْتَعْمَلُ عُلَمَاءُ الطَّبِّ الشَّرْعِيِّ تَجَارِبَ عَدِيدَةٍ لِحَلِّ أَسْرَارِ الْجَرَائِمِ. مِنْ هَذِهِ التَّجَارِبِ، مَثَلًا، تَجْرِبَةٌ جَدِيدَةٌ تُعْرَفُ بِسِيمَايَّةِ د ن أ، تُسْتَعْمَلُ فِي كِتْشَافِ الْفَاعِلِ مِنْ بَيْنِ الْمُشْتَبِهِينَ بِهِمْ بِفَخَصِ لُطْخَةٍ مِنْ دَمِهِ أَوْ بَعْضِ الْخَلَايَا مِنْ جِلْدِهِ، كَتَلِكِ الْمَتْرَاجِدَةِ فِي جُلُودِ الشُّعْرِ. وَتَعْتَمِدُ هَذِهِ الطَّرِيقَةُ عَلَى الْإِسْتِشْرَابِ، الْمِمَّاثِلَةِ لِلْإِسْتِشْرَابِ، لَكِنَّهَا تُسْتَعْمَلُ مَجَالًا كَهَرَبَايِيًّا، حَيْثُ تُفْصَلُ الْمَادَّةُ الْوَرَاثِيَّةُ عَنْ بَقِيَّةِ أَجْزَاءِ الْعَيِّنَةِ. وَبِمَا أَنَّ صَيغَةَ د ن أ فِي هَذِهِ الْمَادَّةِ فَرِيدَةٌ لِلشَّخْصِ دُونَ سِوَاهِ، تَمَامًا كَبَصَمَاتِ الْأَصَابِعِ، لَذَا تُسْتَعْمَلُ فِي التَّعَرُّفِ عَلَى الْفَاعِلِ. وَهَذَا يَبْرُزُ تَسْمِيَةً هَذِهِ الْوَسِيلَةَ أحيانًا بِبَصَمَاتِ الْأَصَابِعِ الْوَرَاثِيَّةِ.



## الِاسْتِشْرَابُ الْغَازِيّ

يُسْتَعْمَلُ الكِيمَاوِيُّونَ أحيانًا أَسَالِيْبَ الْإِسْتِشْرَابِ الْغَازِيّ لِقَفْضِ مَزِيَجٍ مِنَ الْغَازَاتِ، فَيَجْعَلُونَ الْمَزِيَجَ يَسْرِي عُبْرَ جَامِدٍ مُعَيَّنٍ حَيْثُ تُعْمَرُ بَعْضُ أَجْزَاءِ الْمَزِيَجِ الْغَازِيّ بِقُوَّةٍ أَكْثَرَ مِنْ سِوَاهَا، فَتُفْصَلُ عَنْ مُكَوِّنَاتِ الْمَزِيَجِ الْأُخْرَى.

يَظَلُّ الصَّبْغُ الْأَزْرَقُ قَرِيبًا مِنْ مَرْكَزِ الْوَرَقَةِ لِأَنَّ انْجِذَابَهُ إِلَى الْوَرَقَةِ أَكْثَرُ مِنْ سِوَادِ.

يَسْرِي الصَّبْغُ الْأَصْفَرُ نَحْوَ أَطْرَافِ الْوَرَقَةِ لِأَنَّ انْجِذَابَهُ لِلْمَاءِ أَكْثَرُ مِنْ سِوَادِ.

يَحْتَاجُ الْعُلَمَاءُ إِلَى مَوَازِينٍ حَسَّاسَةٍ لِتَحْدِيدِ وَزْنِ الْمَوَادِّ الَّتِي يَسْتَعْمِلُونَهَا فِي الْمَخْتَبَرِ بِدِقَّةٍ. هَذَا النَّوْعُ مِنَ التَّحْلِيلِ هُوَ تَحْلِيلُ كَمِّي.

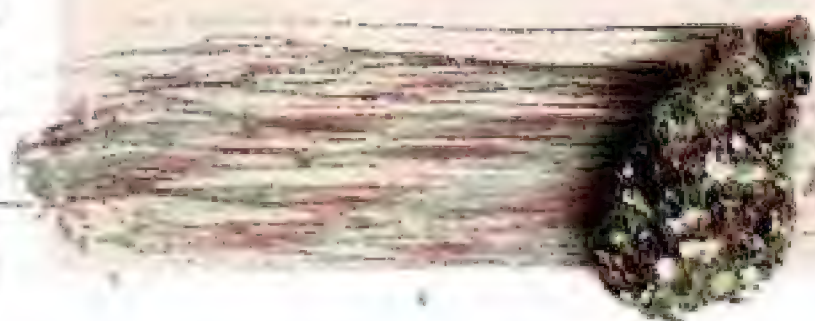


## الِاسْتِشْرَابُ

الْجَبْرُ الْأَسْوَدُ هُوَ فِي الْغَالِبِ مَزِيَجٌ مِنْ أَصْبَاغٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَعِنْدَمَا تَضَعُ نَقْطَةً مِنْهُ عَلَى وَرَقَةٍ تَرْشِيحٍ ثُمَّ تُضَيِّفُ قَلِيلًا مِنَ الْمَاءِ، تَنْشُرُ بَقْعَةُ الْجَبْرِ عَلَى شَكْلِ خَلَقَاتٍ مُخْتَلِفَةِ الْأَلْوَانِ، كُلُّ حَلْقَةٍ تَحْوِي صِبْغًا مُخْتَلَفًا. وَتُفْصَلُ الْأَصْبَاغُ لِأَنَّ بَعْضَهَا يَلْتَصِقُ بِالْوَرَقَةِ فَيَظَلُّ قَرِيبًا مِنَ الْمَرْكَزِ، بَيْنَمَا يَبْقَى الْبَعْضُ الْآخَرُ ذَاتِيًا فِي الْمَاءِ وَيَنْشُرُ بَعِيدًا عَنِ الْمَرْكَزِ. وَتُعْرَفُ هَذِهِ التَّقْنِيَّةُ بِالِاسْتِشْرَابِ. وَيُسْتَعْمَلُ الكِيمَاوِيُّونَ طَرِيقَةَ الْإِسْتِشْرَابِ فِي اخْتِبَارِ نَقَاوَةِ الْمَوَادِّ، كَمَا يُسْتَعْمَلُهَا الْأَطْبَاءُ فِي تَحْلِيلِ عَيِّنَاتِ الْبَوْلِ لِلْكَشْفِ عَنْ أَثَرِ مِنَ السُّكَّرِ (مِنْ عِلَامَاتِ دَاءِ السُّكَّرِيِّ).

الذهب الزائف (ذهب المغفلين)

يَبْرُكُ الذَّهَبُ الزَائِفُ  
أَثَرًا أَسْوَدَ عِنْدَمَا  
يُجَرُّ فَوْقَ بِلَاطَةٍ  
بِيضَاءٍ؛ بَيْنَمَا لَا  
يَبْرُكُ الذَّهَبُ  
الْحَقِيقِيُّ أَيَّ عِلَامَةٍ.



## الِاخْتِبَارُ الْإِتْلَافِيّ

أَحَقِيقِيّ هَذَا الذَّهَبُ أَمْ زَائِفٌ؟ ذَهَبُ الْمُغْفَلِينَ مُرَكَّبٌ كِيمَاوِيٌّ مِنَ الْحَدِيدِ وَالْكَبْرَيْتِ يُشَبِّهُ الذَّهَبَ. وَلَا اخْتِبَارَ عَيِّنَةٍ مِنْهُ، يُمْكِنُ لِلْكِيمَاوِيِّ أَنْ يَزْنِيَهَا (فَالذَّهَبُ الزَائِفُ، ذَهَبُ الْمُغْفَلِينَ، أَخَفُّ مِنَ الذَّهَبِ)، أَوْ أَنْ يُضَيِّفَ إِلَيْهَا حَامِضًا (يَذُوبُ ذَهَبُ الْمُغْفَلِينَ فِي الْحَامِضِ)، أَوْ أَنْ يَجْرُهَا فَوْقَ بِلَاطَةٍ بِيضَاءٍ (حَيْثُ يَبْرُكُ الذَّهَبُ الزَائِفُ حَزًّا أَسْوَدًا). إِنَّ اخْتِبَارِي الْحَامِضِ وَالْبِلَاطَةِ الْبِيضَاءِ يُتْلَفَانِ الْعَيِّنَةَ، فَهِنَا مِنَ الْإِخْتِبَارَاتِ الْإِتْلَافِيَّةِ. أَمَّا اخْتِبَارُ الْوَزْنِ فَهُوَ لَاإِتْلَافِيّ فَيَبْقَى الْعَيِّنَةُ سَلِيمَةً.



## فرانسيس أستون

بدأ فرانسيس أستون (١٨٧٧-١٩٤٥)، الكيميائي الإنكليزي عمله كمساعد لـ ج. ج. طومسون في مختبر كافنديش، بجامعة كامبريدج، حيث درس الأشعة الموجبة الشحنة، واخترع المطياف الكتلي عام ١٩١٩؛ فحصل له به اكتشاف العديد من النظائر الجديدة، ونال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٢٢.



## المطياف الكتلي

تُكَلَّل الذرات صغيرة جدًا بحيث يصعب قياسها، لكن يمكن مفارقتها بواسطة المطياف الكتلي. يفرز المطياف ذرات العينة بحسب كتلتها، ويبين المقادير المتواجدة من كل نوع منها. ويتم ذلك بتحويل الذرات إلى أيونات ثم بجعلها تنحرف في مجال مغناطيسي. الأيونات الثقيلة تنحرف أكثر من الأيونات الخفيفة، وبذلك تُفَرِّز الأيونات ويمكن تعيين طبيعة كل منها.

تُحَرَّف الأيونات الكبيرة الكتلة بعيدًا عما يلتقطه الكاشف. ولا تنحرف الأيونات الصغيرة الكتلة بقدر كافٍ. يُسَرَّع تيار الأيونات بواسطة مجال كهربائي ومن ثم يُحَرَّف بمجال مغناطيسي.

قراءة من المطياف الكتلي.

يُعطى علو القمة عدد الأيونات المتواجدة من كل نوع.

يُعطى المقياس الأسفل كتلة كل نوع من الأيونات.

نوع واحد من الأيونات فقط يُحَرَّف بالقدر الصحيح، ويتغير شدة المجال المغناطيسي، يُسَجَّل الكاشف الأيونات المختلفة.

طيف الانبعاث الذري لعنصر الهليوم

تحويل العينة إلى غاز، ثم تحويل ذراتها إلى أيونات.

## طيف الانبعاث الذري

الضوء المنبعث من الذرة خلال اختبار اللهب ما هو إلا جزءٌ بَرُّ من كل خفي. فالذرة، في الواقع، تَبْتَعُ طيفًا من الألوان المختلفة الألوان عند إحماها، بعضها فقط مرئي لنا. أما الترددات الضوئية الأخرى، فيمكن التقاطها ورؤيتها، بواسطة المطياف، كطيف انبعاث ذري. وهذا الطيف هو كَبْضَة الأصبع بالنسبة للذرة، لأن لكل عنصر طيفه الفريد المميز.



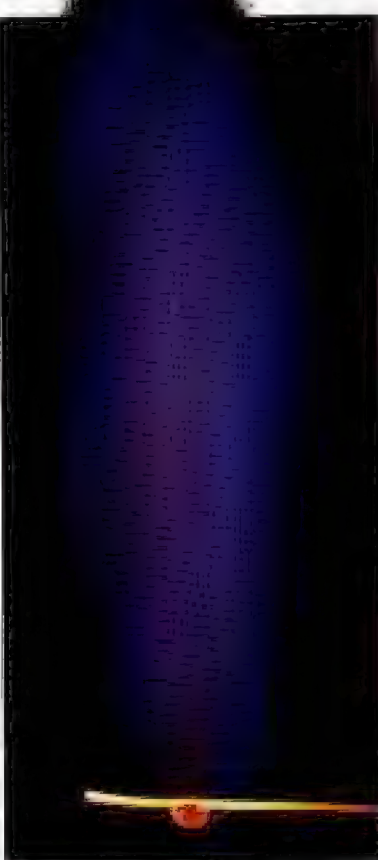
تحترق مركبات الصوديوم بلهب برتقالي.

تحترق مركبات الرصاص بلهب أزرق.

تحترق مركبات النحاس بلهب أزرق مائل إلى الخضرة.



تحترق مركبات الباريوم بلهب بُني مائل إلى الخضرة.



تحترق مركبات البوتاسيوم بلهب ليلي.



تحترق مركبات الليثيوم بلهب أحمر.

## اختبارات اللهب

عند إحماء مُرَكَّب فلزي في لهب ما، يحترق مُكَبَّبًا اللهب لونًا مُعَيَّنًا. ويحدث ذلك لأن حرارة اللهب تُدَوِّمُ إلكترونات الذرات بسرعة فتنبعث الضوء. والفيلزات المختلفة تُلَوِّنُ اللهب بألوانٍ مُخْتَلِفَةٍ مُمَيِّزَةٍ يمكن بها تعرف الفلز ومركباته. فمركبات النحاس، مثلاً، تَكْسِبُ اللهب دوماً لوناً أزرق مائلاً إلى الخضرة. وهذه الألوان المُمَيِّزَة لمركبات الفلزات هي قِوَامُ الألوان الجميلة في الأنسجُم النَّارِيَّة.

## تحليل أسباب وفاة نابليون

حلَّل الكيميائيون عِيَّاتٍ من شَعَرِ نابليون بوناپرت (١٧٦٩-١٨٢١)، الإمبراطور الفرنسي، بعد وفاته، فوجدوا فيها كمِّيَّات ضئيلة من الزرنيخ. فاشتبِه بأنه مات مسموماً. لكن تمَّ مُوَحَّرًا اكتشاف مستويات عالية من الزرنيخ في صباغات ورق جدران مَحْبَسِهِ، فَعَلَّ الرُّطُوبَةُ والعَقْنُ أسهما في تحويل ذلك الزرنيخ إلى غاز قاتل.



## فحص المياه

يستخدم علماء البيئة التحليل الكيميائي لفحص نوعية المياه وسلامتها. فمياه الأنهار قد تكون مُلَوَّنة بالأسمدة والمُنْتَظَلَات والأوساخ ومياه المجاري والمطر الحمضي. ويسدور العالم استخدام أساليب المُعَايَرَة، مثلاً، لإيجاد كَمِيَّة المادَّة المُذَابَة في عِيَّة من الماء.



## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- فضل المزيجات ص ٦١
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- النورانيات ص ٣٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



# الأكسدة والاختزال

لو أن الرواد الذين نزلوا على سطح القمر أرادوا إشعال نارٍ على سطحه لما استطاعوا. فالاحتراق هو تفاعل أكسدة - تتحد فيه المادة مع الأكسجين؛ ولا أكسجين في جو القمر. أما في جو الأرض، فالكثير من التفاعلات الكيميائية المهمة التي تحصل كل يوم تتضمن تفاعلات أكسدة - كاحتراق المواد وصدا الفلزات وحتى في عملية التنفس. فالطعام الذي نأكله يتحول إلى طاقة بالاتحاد مع الأكسجين الذي نستنشقه. ويُقال عن جميع المواد التي تتحد مع الأكسجين أو التي تفقد الهيدروجين بأنها تأكسدت. كما إن عملية فقد الأكسجين أو كسب الهيدروجين تسمى اختزالاً. والواقع أن عمليتي الأكسدة (الاختزال والأكسدة) تحدثان مترافقتين - فعندما تكسب إحدى مادتي التفاعل الأكسجين تكون الأخرى قد فقدته.

عندما يحترق شيء فإنه يتحد مع أكسجين الهواء، فالاختراق هو تفاعل أكسدة.



هذا الجزيء عامل مؤكسد، لأنه يعطي الأكسجين إلى جزيء آخر.

هذا الجزيء عامل مختزل، لأنه يعطي الهيدروجين إلى جزيء آخر.



## الاختزال

تُختزل المادة عندما تفقد الأكسجين أو تكسب الهيدروجين في تفاعل كيميائي. وتسمى المادة المُسببة، آخذة الأكسجين أو معطية الهيدروجين، عاملاً مختزلاً. مثال ذلك أول أكسيد الكربون المُنفك من عوادم السيارات، والمُتلصص دوماً بالاتحاد مع الأكسجين ليكوّن ثاني أكسيد الكربون. هذا الجزيء اختزل باكتسابه ذرة هيدروجين.

## الأكسدة

تتأكسد المادة في تفاعل كيميائي، عندما تكسب الأكسجين أو تفقد الهيدروجين. العوامل المؤكسدة مواد تعطي الأكسجين للمواد الأخرى أو تأخذ الهيدروجين منها. وبين أمثلتها المألوفة الهواء ومادة التقصير - فكلهما كثير المحتوى الأكسجيني. هذا الجزيء تأكسد باكتسابه ذرة أكسجين.

## أكسدة الزخرفة في الأفران

يُزين الخزافون فخارياتهم بمادة تزيح تحوي فلزاً كالحديد مثلاً. وعندما يشوي الوعاء الفخاري في فرن، بوفرة من الأكسجين، يتأكسد الحديد ليكوّن أكسيد الحديد، ح، أ، الأحمر اللون. أما إذا شوي الوعاء في فرن دون وفرة من الأكسجين، فالحديد يتأكسد مُكوّناً أكسيد الحديد، ح، أ، الأسود اللون.



## التآكل بالصدأ

يصدأ الحديد أو الفولاذ إذا ما تعرض للهواء والرطوبة. والصدأ مثال على تفاعل أكسدة هدام. فعندما يتأكسد الحديد يكوّن طبقة سطحية من أكسيد الحديد (الصدأ)، يظل يخرقها أكسجين الهواء ليبلغ الطبقات الداخلية؛ وسرعان ما يأخذ الصدأ سيبله إلى كامل الفلز فيتلفه. ولمنع هذا التفاعل المُدمر، تُطلى السطوح الفولاذية، كهيكل السفن، بالدهان الواقى الذي يمنع وصول أكسجين الهواء إليها.

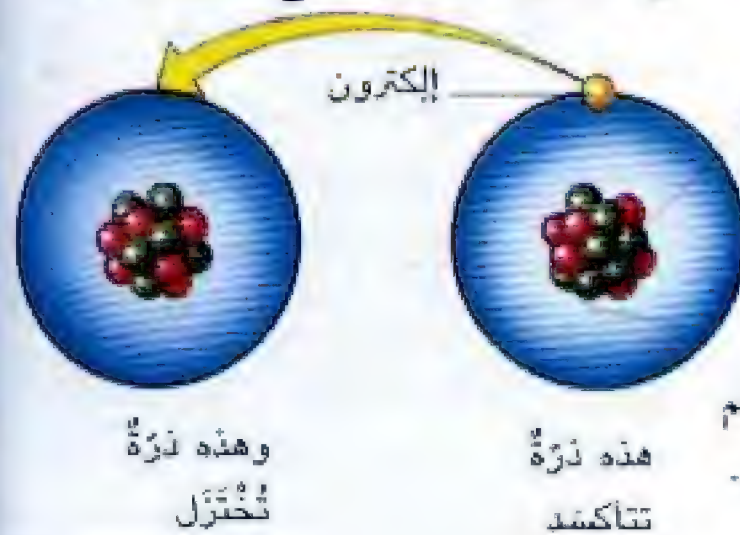
## الأكاسيد

تتحد اللافلزات مع الأكسجين لتكوّن أكاسيد؛ ومخالييل هذه الأكاسيد في الماء حامضية. فأكاسيد النتروجين وثاني أكسيد الكبريت، مثلاً، هي أكاسيد لافلزات تبتعثها محطات القدرة الكهربائية في الجو. وعندما تذوب هذه في الهواء الرطب تسقط مطراً حمضياً يلحق الضرر بالأشجار والبحيرات والأنينة. لذا يحاول المسؤولون عن محطات القدرة معالجة المبتعثات منها قبل انطلاقها إلى الجو. هذا وتتحد الفلزات مع الأكسجين لتكوّن أكاسيد قاعدية - محاليلها في الماء قلوية.



## انتقال الإلكترونات

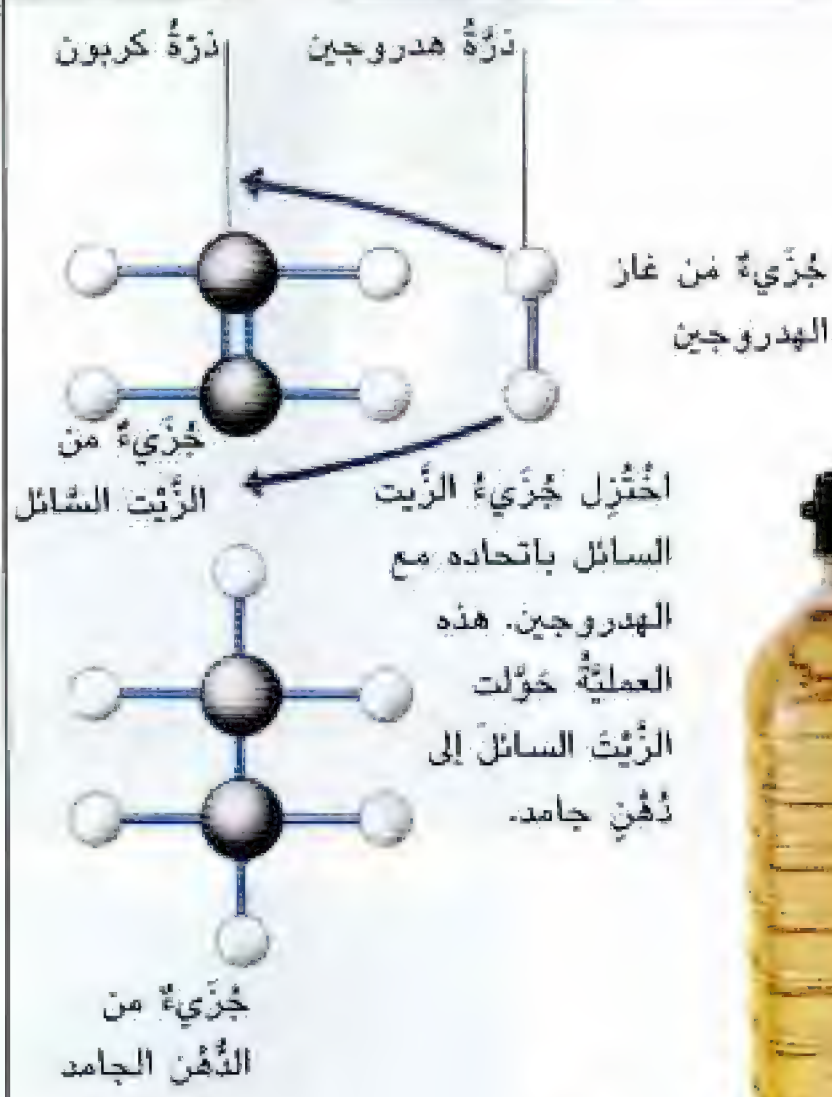
في عمليات الأكسدة والاختزال تجري دائماً مُنقلة الإلكترونات بين الذرات. فالذرات التي تكسب إلكترونات يُقال إنها اختزلت والتي تفقد إلكترونات إنها تأكسدت. ونظراً مع الكيميائيين نسمي هاتين العمليتين أكسدة واختزالاً حتى ولو لم يتضمن التفاعل عنصري الأكسجين والهيدروجين.



نظرية اللاهوب (الفلوغستون) مراقبة اللهب المتصاعد من احتراق الخشب أوحيت إلى الطبيب الألماني، جورج شتال (1734-1760) فكرة أن كل ما يحترق إنما يبتعث محتواه من اللاهوب. لكن أنطوان لافوازييه (1743-1794)، الكيميائي الفرنسي، خطأ هذه النظرية ودحضها حين برهن أن كل ما يحترق إنما يتحد مع أكسجين الهواء.







**تَصْنِيعُ المَرْجَرِين**  
يُصْنَعُ زَيْدُ المَرْجَرِين الجَامِدُ من الزَيْتِ النَّبَاتِيَّةِ السَّائِلَةِ (زَيْتِ دَوَّارِ الشَّمْسِ) بِاتْحَادِهَا مَعَ الهَيْدْرُوجِينِ. وَتَدْعَى هَذِهِ الْعَمَلِيَّةُ بِالْهَيْدْرَاجَةِ وَهِيَ مِثَالٌ عَمَلِيٌّ عَلَى تَفَاعُلَاتِ الْإِخْتِرَالِ. وَيُمْكِنُ التَّحَكُّمُ فِي قَوَامِ المَرْجَرِين طَرَاوَةً أَوْ صَلَابَةً، حَسَبَ الظَّلْبِ، بِإِنْقَاصِ أَوْ زِيَادَةِ كَمِيَّةِ الهَيْدْرُوجِينِ الْمُتَفَاعِلَةِ مَعَ تِلْكَ الزَيْتِ.

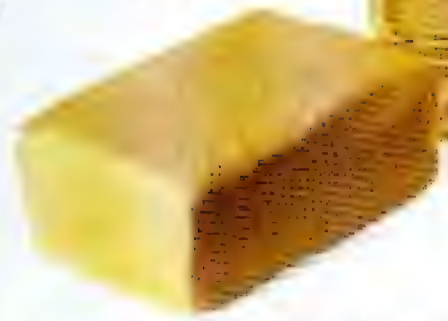


زيت سائل

دهن جامد

### مُضَادَّاتُ التَّأَكُّسِ

يُتَسَدُّ الطَّعَامُ إِذَا مَا تَفَاعَلَ مَعَ أَكْسِجِينِ الْهَوَاءِ. وَلِيَمْنَعْ ذَلِكَ، تُضَافُ كِيمَاوِيَّاتُ مُضَادَّةٌ لِلتَّأَكُّسِ إِلَى الطَّعَامِ خِلَالِ تَصْنِيعِهِ. وَهَذِهِ الْكِيمَاوِيَّاتُ تُوقِفُ تَأَكُّسَ الطَّعَامِ بِتَأَكُّسِهَا هِيَ فَيَبْقَى الطَّعَامُ سَلِيمًا. وَغَالِبًا مَا تَوْجَدُ مُضَادَّاتُ التَّأَكُّسِ هَذِهِ بِخَاصَّةٍ فِي الْأَعْدِيَةِ الدَّهْنِيَّةِ كَالزَّيْتِ النَّبَاتِيَّةِ لِأَنَّهَا سَرِيعَةُ التَّأَكُّسِ.



### مُكَافَحَةُ الْحَرِيقِ

إِشْعَالُ النَّارِ يَحْتَاجُ إِلَى وَقُودٍ وَإِلَى حَرَارَةٍ لِبَدْءِ الْإِشْتِعَالِ. وَحَيْثُ إِنَّ الْإِخْتِرَاقَ هُوَ تَفَاعُلُ أَكْسَدَةٍ، فَإِنَّهُ يَحْتَاجُ أَيْضًا إِلَى مَدَدٍ كَافٍ مِنَ الْأَكْسِجِينِ لِيَسْتَمِرَّ؛ وَعِنْدَمَا يَتَوَقَّفَ ذَلِكَ الْإِمْدَادُ تَنْطَفِئُ النَّارُ. وَهَكَذَا يُمْكِنُ إِخْفَاءُ النَّارِ بِإِهْمَادِهَا بِوَاسِطَةِ بَقَايَةِ، أَوْ بِتَغْطِيطِهَا بِالرَّغَاوَةِ الْكِيمَاوِيَّةِ أَوْ بِثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ مِنْ مِطْفَأَةِ حَرِيقٍ.



### مُحَلِّلَةُ النَّفْسِ

تُسْتَعْمَدُ شُرْطَةُ السَّيْرِ فِي بَعْضِ الْبُلْدَانِ تَفَاعُلُ أَكْسَدَةٍ لِإِخْتِبَارِ الْكُحُولِيَّةِ لَدَى السَّائِقِينَ. فَعِنْدَمَا يَزْفِرُ أَحَدُهُمْ دَاخِلَ مُحَلِّلَةِ النَّفْسِ، يَتَأَكَّسُ الْكُحُولُ (الْإِثَانُولُ) فِي زَفِيرِهِ إِلَى حَامِضٍ الْإِثَانُوِيك (حَامِضُ الْخَلِيك) مُؤَلِّدًا تِيَارًا كَهْرَبَايَا. وَتُبَيِّنُ شِدَّةَ التِّيَارِ كَمِيَّةَ الْكُحُولِ الْمُتَوَاجِدَةِ فِي نَفْسِ السَّائِقِ.



### التَّنَفُّسُ وَالتَّخْلِيقُ الضَّوْئِيُّ

التَّنَفُّسُ وَالتَّخْلِيقُ الضَّوْئِيُّ: تَفَاعُلَانِ حَيَوِيَّانِ وَهُمَا تَفَاعُلَا أَكْسَدَةٍ وَإِخْتِرَالِ. فَبِالتَّنَفُّسِ يَتَأَكَّسُ الطَّعَامُ الَّذِي نَأْكُلُ، فَتَنْتَظِلُ الطَّاقَةُ الْأَلَزَمَةُ لِأَجْسَامِنَا. وَبِالتَّخْلِيقِ الضَّوْئِيِّ الَّذِي بَوَاسِطَتِهِ تَحْتَزِلُ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ مِنَ الْهَوَاءِ لِتَكُونُ مَوَادَّ سَكَّرِيَّةً وَنَشِوَّةً.

تَحْتَزِلُ الثَّبَاتَاتُ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ الَّذِي نَزْفِرُ لِنَكُونُ الْأَعْدِيَّةُ وَالْأَكْسِجِينِ. فَتَنْتَظِلُ الطَّاقَةُ الْأَلَزَمَةُ لِأَجْسَامِنَا. وَبِالتَّخْلِيقِ الضَّوْئِيِّ الَّذِي بَوَاسِطَتِهِ تَحْتَزِلُ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ مِنَ الْهَوَاءِ لِتَكُونُ مَوَادَّ سَكَّرِيَّةً وَنَشِوَّةً.



تَنْتَظِلُ الثَّبَاتَاتُ الْأَكْسِجِينِ فِي عَمَلِيَّةِ التَّخْلِيقِ الضَّوْئِيِّ.

### التَّقْصِيرُ (التَّبْيِضُ)

نَحْوِي سَوَائِلُ التَّقْصِيرِ الْمَنْزِلَةُ مُؤَكِّدَاتُ فَعَالَةٍ تَسْتَطِيعُ أَكْسَدَةَ الْمَوَادِّ الْمَلَوَّنَةِ فِي الْأَقْمِشَةِ وَإِزَالَتِهَا. فَمَوَادُّ التَّقْصِيرِ الْحَدِيثَةِ تَحْوِي فَوْقَ أُكْسِيدِ الهَيْدْرُوجِينِ هَامِ ٢٠٠٠ الَّذِي يُبَيِّنُ صِبْغَتَهُ زَوْفَرَةُ الْأَكْسِجِينِ فِيهِ.



### الْبَارُودُ

مَنْحَقُ الْبَارُودِ مَزِيجٌ مُتَّحِجٌ مِنْ نِتْرَاتِ الْبُونَايُومِ (٧٥٪) وَالْكَبْرِيتِ (١٠٪) وَالْكَرْبُونِ (١٥٪). وَلَا يُعْرَفُ عَلَى وَجْهِ الدَّقِيقَةِ مَنْ اخْتَرَعَ الْبَارُودَ وَلَا مَتَى، وَلَكِنَّ الثَّابِتَ أَنَّ الصِّينِيِّينَ اسْتَعْمَدُوهُ قَبْلَ الْقَرْنِ السَّابِعِ ق.م. وَأَخَذَهُ الْعَرَبُ عَنْهُمْ وَنَقَلُوهُ إِلَى أَوْرُوبَا. إِنَّ اشْتِعَالَ الْبَارُودِ هُوَ تَفَاعُلُ أَكْسَدَةٍ تَفْجُرِي؛ لَكِنْ، بِخِلَافِ الْمَوَادِّ الْأُخْرَى الَّتِي تَحْتَرِقُ بِأَكْسِجِينِ الْهَوَاءِ، فَإِنَّ الْبَارُودَ يَسْتَعْمِدُ أَكْسِجِينِ احْتِرَاقِهِ مِنْ نِتْرَاتِ الْبُونَايُومِ - الَّذِي تَدُلُّ صِبْغَةُ بَرْنِ ٢٠٠٠ عَلَى وَفَرَةٍ مَحْتَوَاهُ الْأَكْسِجِينِي.

يُضَغَطُ مَزِيجُ الْبَنْزِينِ وَالْهَوَاءِ وَيُفْجَرُ بِحَرَارَةِ كَهْرَبَايَةِ. وَالْغَاثَاتُ الْحَارَّةُ النَّاتِجَةُ تَدْفَعُ الْكَبَّاسَ نَزُولًا. يُفْرَجُ بُخَارُ الْبَنْزِينِ مَعَ الْهَوَاءِ قَبْلَ سَقْطِهِ إِلَى دَاخِلِ الْأَسْطُوَانَةِ.

مُحَرِّكٌ دَاخِلِيٌّ الْإِخْتِرَاقُ



مَعَ ضَعْفِ الْكَبَّاسِ تُدْفَعُ الْغَاثَاتُ الْحَارَّةُ خَارِجَ الْأَسْطُوَانَةِ إِلَى أَنْبُوبِ الْإِنْفِلَاتِ. وَتُعَاوَدُ هَذِهِ الدَّوْرَةُ تَكَرَّرًا.

حَرَكََةُ الْكَبَّاسِ نَزُولًا وَصُعُودًا دَاخِلَ الْأَسْطُوَانَةِ تَوْفُرُ الْقُدْرَةُ لِتَحْرِيكِ السَّيَّارَةِ.

نُسْتَنْشِقُ الْأَكْسِجِينِ الْمُتَبَيِّضَ مِنَ الثَّبَاتَاتِ لِأَكْسَدَةِ الطَّعَامِ الَّذِي نَأْكُلُ. وَهَذَا التَّفَاعُلُ يُوفِّرُ لَنَا الطَّاقَةَ.



### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْبِنْيَةُ الذَّرِيَّةُ ص ٢٤
- الْأَكْسِجِينُ ص ٤٤
- الْهَيْدْرُوجِينُ ص ٤٧
- التَّفَاعُلَاتُ الْكِيمَاوِيَّةُ ص ٥٢
- كِيمَاءُ الْهَوَاءِ ص ٧٤
- الْمُحَرَّكَاتُ ص ١٤٣
- التَّخْلِيقُ الضَّوْئِيُّ ص ٣٤٠
- التَّنَفُّسُ الْخَلَوِيُّ ص ٣٤٦
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٤



## سلسلة التفاعلية

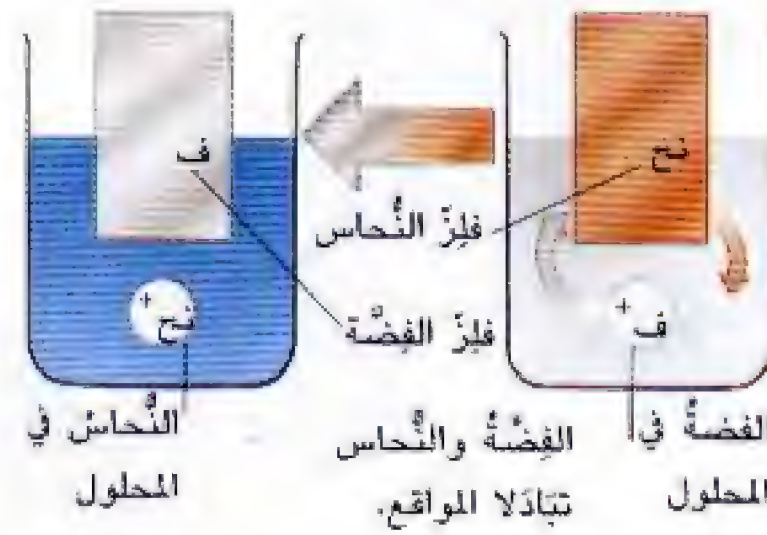
البوتاسيوم فلزٌ رخوٌ أبيضٌ فضي شديد التفاعلية لا يتواجد في الطبيعة إلا مُتحدًا مع غيره من العناصر. في المقابل فإن الفضة فلزٌ غير فعالٍ كيميائيًا بحيث يمكن استخدامه بأمان في صناعة أدوات المائدة. وإذا قارنًا شدة الفاعلية للفلزات الكيميائية، يمكننا وضعها في جدولٍ تراتبيٍّ يُسمى سلسلة التفاعلية. فالفلزات في أعلى هذه السلسلة هي الأشد فاعليةً، وتلك التي في أسفلها هي الأقل فاعليةً. وتساعدنا هذه السلسلة في توقُّع ما سيحدث عند تفاعل الفلزات المختلفة بعضها مع بعض. فإذا تنافس البوتاسيوم والفضة، مثلاً، على التفاعل مع الكلور، فالغلبة للبوتاسيوم والناتج كلوريد البوتاسيوم. وهكذا فالفلز الأعلى في سلسلة التفاعلية له الغلبة على ما دونه من فلزات في أي تفاعل كيميائي.

فلز  
النحاس

تجسُّع فلز الفضة

## الإزاحة

إذا أسقطت قطعة نحاس في محلول نترات الفضة، فالفلزَّان (النحاس والفضة) سيتنافسان على أيونات النترات. وحيث إن النحاس أعلى من الفضة في سلسلة التفاعلية، فبمقدوره «انتزاع» أيونات النترات من الفضة. والنتيجة تكون محلول أزرق من نترات النحاس وتشكُّل إبرٍ من فلز الفضة فيه. ويدعى هذا تفاعل إزاحة، إذ أزاح النحاس الفضة من المحلول.

محلول نترات  
الفضة يتكوَّن محلول  
نترات النحاس  
الأزرق

## الألمنيوم

الألمنيوم فلزٌ غريب، فرغم موقعه العالي في سلسلة التفاعلية، تُستخدم أواني الألمنيوم في المطبخ بكثرة. وتعليل ذلك أن الألمنيوم يتفاعل مع أكسجين الهواء مُشكِّلاً طبقة واقية عديمة الفاعلية من أكسيد الألمنيوم. أما إذا أزيلت تلك الطبقة بحك رقيقة الألمنيوم مثلاً، بمادة كيميائية مثل كلوريد الزئبق، فالألمنيوم المُعرَّض حينئذٍ شديد التفاعلية.



إذا أزيلت طبقة أكسيد الألمنيوم الواقية عن سطحه، يتفاعل الألمنيوم المُعرَّض بشدَّة مع الهواء.

## الغلثة

يمكن وقاية الأشياء المصنوعة من الفولاذ (الذي هو حديدٌ في معظمه) من التآكل بالصدأ بتغطيتها بطبقة من فلز أكثر منه فاعليةً، كالخارصين، وهذه الطريقة تُعرف بالغلثة. إنه حتى لو خدشت طبقة الخارصين الواقية، فأكسجين الهواء سيتفاعل مع الخارصين وليس مع الحديد. وتدعى هذه الوقاية أحياناً الوقاية الإقديائية لأن الخارصين يُضحي به لوقاية الحديد.

## موقع الصوديوم

عالي في سلسلة التفاعلية،

لذا فهو يُشكِّل

مركبات مستقرّة

جداً. فاستخراج فلز

الصوديوم يلجأ إلى كهرة

كلوريد الصوديوم المُنصهر،

وهي طريقة شديدة المفعول

لكن باهظة التكلفة.

يقع النحاس في القسم السفلي

من سلسلة التفاعلية لذا يتطلب

طاقة أقل لاستخراجه. فيمكن

الحصول على

النحاس بإحماء

خاماته فقط.

يقع الذهب في أسفل

سلسلة التفاعلية وهو

عديم الفاعلية، لذا

يُوجد في الطبيعة نقياً.

## سلسلة التفاعلية

البوتاسيوم

الصوديوم

الكالسيوم

المغنسيوم

الصوديوم والبوتاسيوم،

تتفاعل بشدَّة مع الهواء؛

بينما الفلزَّات في أسفلها،

كالفضة والذهب، فلا

تتفاعل مع الهواء ولا تتأثر

به. أما فلزَّات الوسط،

كالحديد والخارصين،

فتتفاعل مع الهواء ببطء

شديد. وتعتمد طريقة

استخراج الفلز من خاماته

على موقعه في سلسلة

التفاعلية.

## تاريخ الفلزَّات

استخدام الفلزَّات جاء متأخراً في التاريخ. فالإنسان القديم استخدم العظام والججارة والخشب لأدواته. الفلزَّات المتواجدة حرة في الطبيعة كالنحاس والفضة والذهب (والواقعة في أسفل سلسلة التفاعلية) تم اكتشافها بسهولة، وكانت أولى الفلزَّات التي استخدمها الإنسان. وحوالي سنة ٢٠٠٠ ق.م. تمكّن الإنسان القديم من استخراج الحديد، الأكثر فاعليةً، من خاماته بالحرارة؛ وبذلك بدأ عصر الحديد. أما الألمنيوم فهو فلزٌ مُتوافرٌ في القشرة الأرضية لكنه شديد التفاعلية؛ فلم يتم استخراجُه عملياً إلا في القرن التاسع عشر.

ملقاط حديدي  
من عصر الحديد.

## لمزيد من المعلومات انظر

الفلزَّات القلوية ص ٣٤

الفلزَّات الانتقالية ص ٣٦

المحاليل ص ٦٠

الكهروك (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧

الحديد والفولاذ ص ٨٤

النحاس ص ٨٦

الألمنيوم ص ٨٧

حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



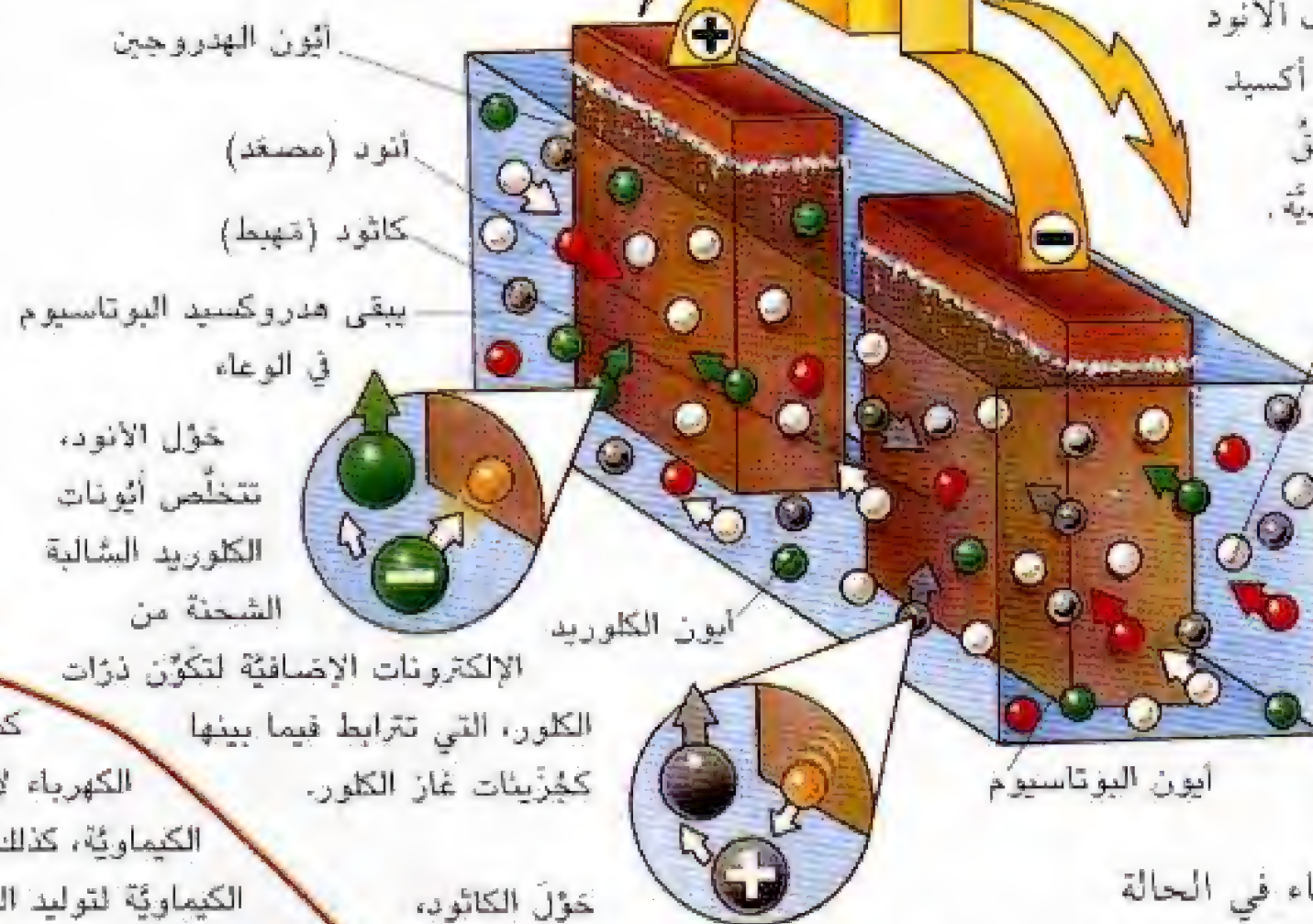
# الكهرلة (التحليل بالكهرباء)

الكهرلة (التحليل بالكهرباء) هي عملية تحليل مركب ما إلى أجزائه بالكهرباء، ولإنجاح هذه العملية يجب أن يكون المركب موصلاً للكهرباء - إما مَصْهُورًا أو محلولاً - وأن يحوي أيونات طليقة الحركة ذات شحنات كهربائية. ويوضع مسريان فلزيان، أو كربونيان، يُعرفان بالإنكترودين، في المادة المراد كهرلتها، وتُدعى الكهرل (الإنكتروليت). عند وصل الإنكترودين بالبطارية تسري الكهرباء عبر السائل، فتتحرك أيونات المركب الموجبة الشحنة نحو الإنكترود السالب (المهبط أو الكاثود)، وتتحرك الأيونات السالبة الشحنة نحو الإنكترود الموجب (المضعد أو الأنود). وهكذا ينحل المركب إلى جزئين.



## التنقية بالكهرلة

تُستخدم الكهرلة (التحليل بالكهرباء) في تنقية النحاس المشوب؛ وتُعرف هذه الطريقة بالتنقية الكهرلية. فيجعل الأنود من النحاس المشوب، والكاثود (المهبط) صفيحة من النحاس النقي في كهرل من محلول كبريتات النحاس. عند إمرار الكهرباء في المحلول، ينتقل النحاس النقي من النحاس المشوب إلى صفيحة النحاس النقي، وترسب الشوائب في القاع.



## الأنودة

إذا أُمر تيار كهربائي في محلول حامضي، وكان الأنود من الألمنيوم، يتكوّن الأكسجين حول الأنود ويتفاعل مع الألمنيوم مُكوّنًا طبقة واقية من أكسيد الألمنيوم، ويُعرف هذا بالأنودة. وتُعد رقائق الألمنيوم الملونة بصباغ هذه الطبقة الأكسيدية.

## الأيونات المتحرّكة

عند إمرار الكهرباء في محلول كلوريد البوتاسيوم (بوكل) في الماء (هـ أ)، ينحل لا كلوريد البوتاسيوم فقط بل الماء أيضًا. وذلك لأنّ كلا أيونات البوتاسيوم وأيونات الهيدروجين، وكلاهما موجبة الشحنة، تتجه نحو الكاثود. وبما أنّ البوتاسيوم الشديد التفاعلية يُفضّل البقاء في الحالة الأيونية، فإنّه يبقى في المحلول ويُنْتَجَ غاز الهيدروجين فقط. أمّا أيونات الكلوريد والهيدروكسيد، وكلاهما سالبة الشحنة، فتتجه إلى الأنود، حيث يُنْتَجَ غاز الكلور فقط فيما تبقى أيونات الهيدروكسيد في المحلول.

## الطلاء بالكهرباء

لإطلاء جسم ما، كمنزلة مثلاً، بطبقة فلزية رقيقة كهربائياً، يُجعل هذا الجسم كاثوداً، والأنود قطعة نقيّة من فلز الطلاء كالنحاس، فيما يحوي الكهرل مركباً من هذا الفلز (ككبريتات النحاس، مثلاً). عند إمرار التيار الكهربائي، تتحرك أيونات الفلز غير المحلول وترسب على المفتاح فتطليه. وبالطريقة نفسها تُصنّع غُلبُ الشك بطلاء صفائح الفولاذ بالقصدير كهربائياً.

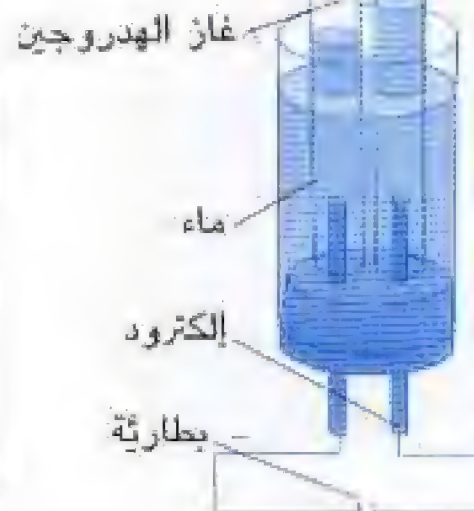
## الماء

عند إمرار الكهرباء في الماء (هـ ب)، يتكوّن غاز الهيدروجين حول الكاثود وغاز الأكسجين حول الأنود. وحيث إنّ الماء يحوي ذرتين من الهيدروجين لكل ذرة واحدة من الأكسجين، فإنّ حجم الهيدروجين الناتج يكون ضعف حجم الأكسجين.



## همفري ديفي

اشتهر همفري ديفي (١٧٧٨-١٨٢٩)، الكيميائي الإنكليزي، باختراعه مصباح الأمان للمعدنين الذي يحمل اسمه؛ لكنه كان أيضاً من أوائل مستخدمي التحليل بالكهرباء. فقد اكتشف الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم وعدداً آخر من الفلزات بواسطة فصلها عن مركباتها بالكهرلة. وفي عام ١٨١٣، عُيّن ديفي مُساعداً له اسمه مايكل فارادي فتابع هذا أعمال ديفي وأصبح من مشاهير العلماء فيما بعد.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الترباط الكيميائي ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- النحاس ص ٨٦
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



النصف الحامضي  
من سلم الأس الهيدروجيني (هـ)

# الحوامض (الحموض)

لقياس قوة الحوامض والقويات يستخدم العلماء سلم الأس الهيدروجيني (هـ) الذي قده من ١ إلى ١٤. وكلما ازدادت أيونات الهيدروجين في المحلول تزداد قوته الحامضية، وينخفض أسه الهيدروجيني (هـ)، الذي هو لكل الحوامض أقل من ٧.

٧ (مُعَادِل)

٦

٥

٤

٣

٢

١



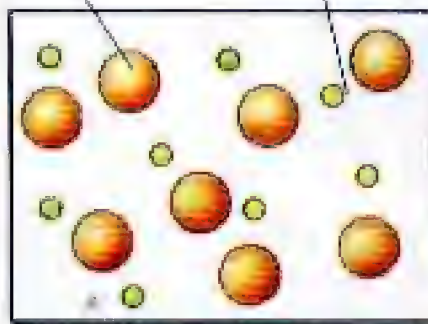
حوامض  
ضعيفة (هـ عالي)  
تحتوي الحمضيات كالليمون  
والبرتقال حامض الليمون، وهو  
حامض ضعيف، أسه الهيدروجيني  
(هـ) عالي نوعاً، لكنه دون الـ ٧.

طعم الليمون حاد لأنه يحتوي حامض الليمون أو حمض الستريك. والحوامض واسعة الانتشار جداً، فمنها ما يوجد في التمثل (حامض التمثلي) وفي العنب (حامض الطرطير) وفي المشروبات الآزة (حامض الكربونيك) وفي بطاريات السيارات (حامض الكبريتيك) وحتى في معدنا (حامض الهيدروكلوريك). أما الحوامض القوية، كحامض الكبريتيك والنتريك، فهي حموض خطيرة لأنها تحرق الثياب والجلد، ويجب الحذر منها عند استعمالها في المختبرات. لكن بعض الحوامض الضعيفة، كالحموض المتواجدة في الفاكهة، يصلح للأكل أو مطبياً للطعام. والحموض كلها تحتوي الهيدروجين، وتذوب في الماء مكونة أيونات الهيدروجين الموجبة الشحنة. وهذه الأيونات هي المسؤولة عن خصائص الحوامض المميزة. كما إن عدد أيونات الهيدروجين التي يكونها الحمض في الماء هو مقياس لقوته، يعرف بالأس الهيدروجيني (هـ).

أيون هيدروجين موجب  
أيون سالب



حامض قوي مُخَفَّف



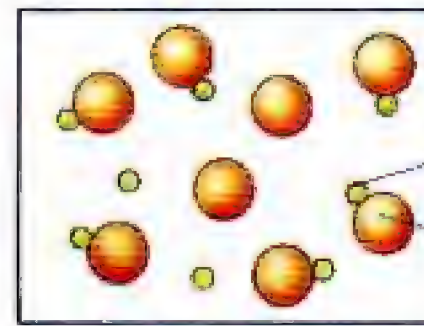
حامض قوي مُرَكَّز

## الحموض القوية

بعض الحوامض، كحامض النتريك والكبريتيك، هي حموض قوية لأن جزيئاتها تتحلل (تفكك) بالكامل إلى أيونات هيدروجين وأيونات أخرى. وتبين قوة الحامض كم من أيونات الهيدروجين المتحللة هذه تتواجد في المحلول. يمكن تخفيف الحموض القوية بالماء، فتقل نسبة تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، وتُخَفَّفُ حمضيته (يزيد أسه الهيدروجيني هـ).



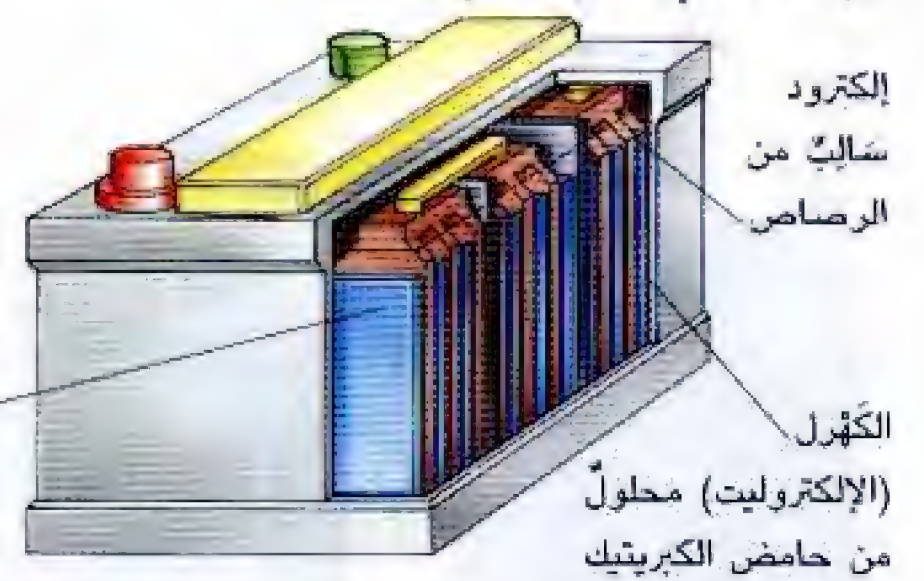
حامض ضعيف مُخَفَّف



حامض ضعيف مُرَكَّز

## حموض قوية (هـ منخفض)

الحموض المستخدمة في المختبر، كحامض الكبريتيك، حوامض قوية ذات أس هيدروجيني (هـ) منخفض. وحمض الهيدروكلوريك في معدنا هو حامض قوي يُساعد في هضم الطعام.



## حامض التمثلي

حامض الميتانويك أو حامض التمثلي، يُنتج التمثل القارص ونبات القُرَيْص طبعياً. قديماً، كان حامض التمثلي يُحصَر بإغلاء النمل في قدر كبيرة؛ أما اليوم، فيمكن تحضيره من كيماويات أخرى. ويستخدم هذا الحامض لحفظ العلف الأخضر في أهراته وفي صناعة الورق والنسيج.



يموت المحار إذا هبط هـ الماء دون ٦.  
يموت السمك إذا هبط هـ الماء دون ٥.  
يموت الضفدع إذا هبط هـ الماء دون ٤.٥.  
يموت النمل إذا هبط هـ الماء دون ٤.

## المركب الحمضي الرصاصي

الحوامض القوية إلكتروليتات (كهارل) أو سوائل موصلة للكهرباء) جيدة - وذلك لأنها تتفكك في الماء بالكامل إلى أيونات هيدروجين موجبة وأيونات أخرى سالبة. وهذه الأيونات ذات الشحنات الكهربائية يمكنها نقل التيار الكهربائي. في المراكم الحمضية الرصاصية المستخدمة في السيارات يستعمل حامض الكبريتيك كإلكتروليت، وتعمل الصفائح الرصاصية كإلكترودات. هذه المراكم (أو البطاريات) تنتج الطاقة لبدء تشغيل محرك السيارة.

## الماء الحامضي

تتلوث البحيرات والأنهار بالأمطار الحامضية، فتزداد حمضية المياه أي ينخفض أسها الهيدروجيني (هـ) وتصبح ضارة بالأسماك والأحياء المائية عموماً. بعض الحيوانات أكثر حساسية لتغيرات الأس الهيدروجيني هـ من سواها. فالمحار، مثلاً، لا يستطيع العيش في مياه أسها الهيدروجيني دون الـ ٦، في حين أن ضفادع الجراج تستطيع العيش في مياه أسها الهيدروجيني إنخفض إلى الـ ٤.



## إصفرار أوراق الكتب

أوراق الكتب الجديدة ناصعة البياض، بينما تحول أوراق الكتب العتيقة إلى الصفرة. السبب هو أن الورق يحتوي كميات ضئيلة من الحمض، وهذه على مدى السنين تتفاعل ببطء شديد مع ألياف السليولوز فتعطّيها، ويحول لون الورق من البياض إلى الصفرة. إن ضوء الشمس يسرع هذا التفاعل، وقد يميل لون الورق إلى البني ويصبح قصيفا سريع التفتت.

## الحامض مع الكربونات

إذا أضفت خلا (حامض الخليك) إلى كمية من بيكربونات الصودا في قارورة ذات سدّاد فليتي، يحصل على الفور تفاعل أرّ يُفكّك فيه الحامض البيكربونات وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون. وبتزايد كمية الغاز المتجمّع في القارورة يرتفع ضغطه فيقذف بالسدّاد الفلّيني بقوة وفرقة. إن تفاعل الحوامض مع الكربونات (وانطلاق ثاني أكسيد الكربون) هو من خواص الحوامض المميّزة. ويستفاد من هذا التفاعل في المطبخ. فمسحوق الخبيّر هو مزيج من زبدة الطرطير (ملح مؤلّد لحامض الطرطير) وبيكربونات الصودا. وهذان في الماء يُنتجان ثاني أكسيد الكربون الذي يُنفخ المعجنات.

## التخليل

الحوامض مهلكة للكائنات الحيّة، لذا يمكن استخدامها حراشف قاتلة للبكتيريا. فنحن نحفظ العديد من المأكولات كالصل والشمندر واللفت وغيرها في الخل (حامض الخليك)،

ويعرف هذا بالتخليل. فالحامض يقتله كافة الكائنات الحيّة المجهريّة في محلول التخليل يحفظ الأطعمة من الفساد. وقد استُخدم التخليل على نطاقات أوسع قبل اختراع أجهزة التبريد.



ينطلق السدّاد الفلّيني من القارورة مدفوعا بغاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من تفاعل الخل مع بيكربونات الصودا.



ينطلق غاز الهيدروجين مُبقّفا بغنّيف.

أضيف الخل إلى بيكربونات الصودا

ملح خلاّات الصوديوم يبقى في القارورة

## الرّمز التحذيري

الحوامض تبدو غالبا عديمة اللون كالماء، لكنها أكالة تُسبب حروفا مبرحة. لذا تحمّل الأوعية المستخدمة في نقل الحموض رمزا يُعرّف بها ويُحذّر من خطورتها. وهكذا يتعرّف فريق المطافئ طبيعة الحامض وسيل التعامل مع ما يراق منه.



## الحوامض في المطر

ماء المطر كان دوما قليل الحمضيّة، لأن ثاني أكسيد الكربون في الهواء يذوب فيه مُكوّنا حامض الكربونيك. غير أن حمضيّة المطر ازدادت كثيرا منذ أصبح مُعظم العالم مُصنّعا. فاحتراق الوقود الأحفوريّ كالنفط يُطلق ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين في الهواء؛ وهذه تتفاعل مع الماء في السحب مُكوّنة حامض الكربونيك وحامض النتريك. والمطر الحمضي يهدّد الكثير من المباني، بخاصة المُشاد منها بالحجارة الجيريّة التي تتألف من كربونات الكالسيوم. وهذه تتفكّك بالحوامض بسهولة لتنتج ثاني أكسيد الكربون.



## فعل الحامض في الورق

حامض الكبريتيك المُركّز حمضٌ أَكّالٌ جدّا، وهو عامل إنكازٍ شديد الفاعليّة ينزع الماء حتّى من المُركّبات التي تحويه. فالورق يتألف من السليولوز، المادة النباتيّة المُركّبة من الكربون والهيدروجين والأكسجين. فعندما يتفاعل حامض الكبريتيك مع الورق، ينزع منه الماء (أي الهيدروجين والأكسجين)، تاركًا الكربون الأسود. وهكذا يبدو الورق كأنه حرق.



حامض الهيدروكلوريك

نخالة الخارصين

فعل الحامض في الفلزّات

لا أحد يخزّن الخلّ في وعاء فلزيّ، لأن الخلّ يتفاعل حينئذ مع الوعاء ببطء مُصدرا نشيّا من غاز الهيدروجين. فالهيدروجين الذي هو من مُكوّنات الحوامض جميعها يُطرّد منها عند التواء حامض مع فلزّ ناشيط. فعندما يُصبّ حامض الهيدروكلوريك، مثلا، على الخارصين (كما أعلاه)، تنزع فقائع الهيدروجين متطلّقة بنشيبيّ بيّن، لأن الخارصين يجلّ محلّ الهيدروجين في الحامض مُكوّنا كلوريد الخارصين.

## اكتشافات الحوامض

القرن الحادي عشر. تعرّف الكيماويون العرب طرق تحضير حموض الكبريتيك والترك والهيدروكلوريك.

١٦٧٥ إرتأى الكيماويّ الإيرلندي، روبرت بويل، خطأ أن الحوامض تحوي جسيمات خاصّة تندسّ في فجوات الفلزّات وتفسّخها.

١٨٥٤ تُبيّن كتابات الكيماويّ الفرنسي أوغست لورنت، معرفته أن الحوامض كلّها تحوي الهيدروجين.

١٨٨٧ الكيماويّ السويدي، سفانت أرينيوس، يقول بأن جميع الحوامض تحوي أيونات الهيدروجين، وهذه الأيونات هي التي تُكسب الحوامض خصائصها المميّزة.

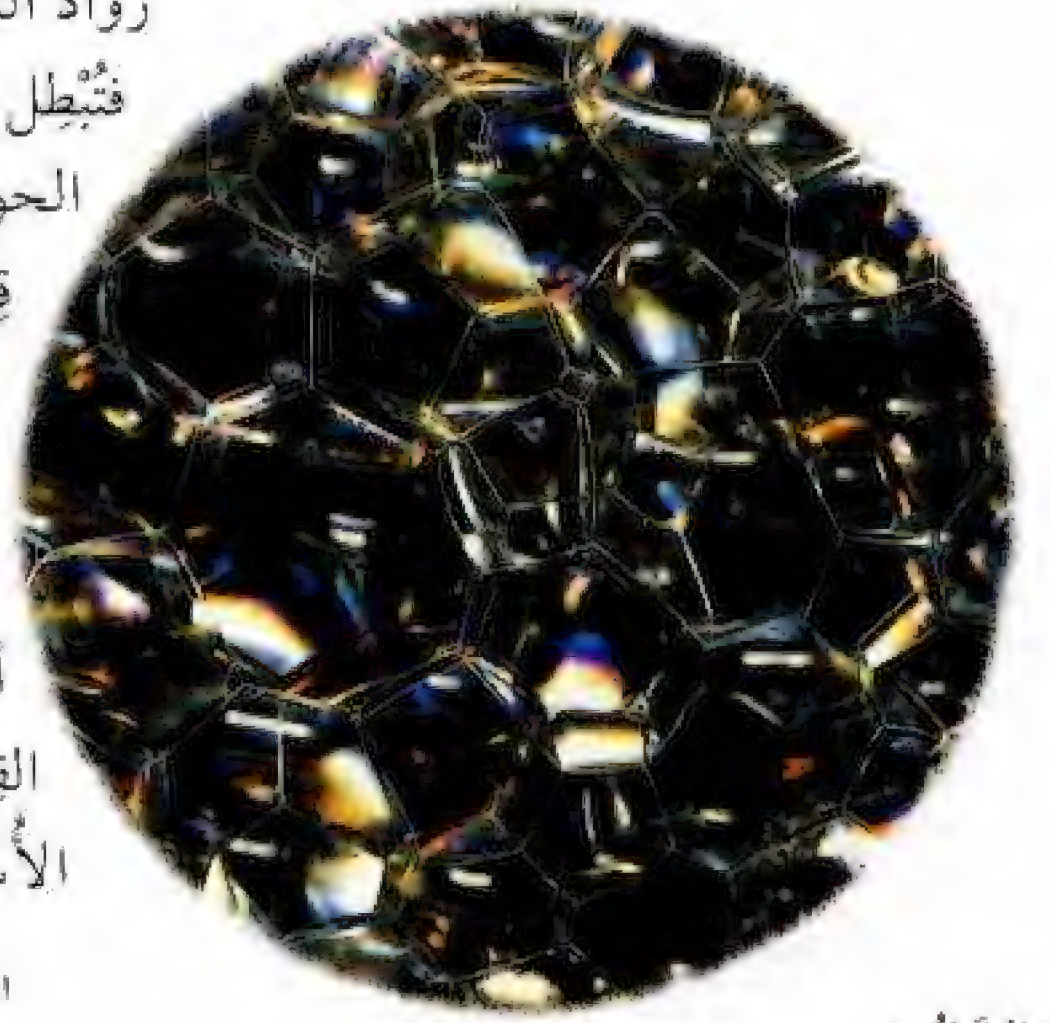
## لمزيد من المعلومات انظر

- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- الهيدروجين ص ٤٧
- المحاليل ص ٦٠
- القلويّات والقواعد ص ٧٠
- قياس الحمضيّة ص ٧٢
- الأملاح ص ٧٣
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠



# القلويات والقواعد

رَوَادُ المُرُوجِ عندما تَلَسَّعُهُمْ نَبْتَةُ القُرَيْصِ، يُسْرِعُونَ إلى مَسْحِ اللِّسْعَةِ بِعُشْبَةِ العِرْقِ المُسْهِلِ، فَيُبْطِلُ بِمَا فِيهَا مِنْ قَاعِدَةٍ طَبِيعِيَّةٍ مَفْعُولِ الحَامِضِ فِي لَسْعَةِ القُرَيْصِ. فَالقواعدُ تُبْطِلُ مَفْعُولَ الحوامِضِ، لأنَّ القاعديةَ تعادِلُ الحُموضةَ كيميائيًا. والقواعدُ الذَّوَابَةُ فِي المَاءِ تُسَمَّى قَلَوِيَّاتٍ، وَكِلَا النوعين (القواعدُ والقَلَوِيَّاتُ) مُتَوَاجِدٌ حَوالِينَا فِي مُنْظَفَاتِ الأَفْرَانِ ومَوَادِّ التَّلْمِيعِ وَمَسَاحِيقِ التَّخْمِيرِ وَأَقْرَاصِ عُسْرِ الهَضْمِ وَفِي اللَّعَابِ وَطَبَاشِيرِ. بَعْضُ القَلَوِيَّاتِ كَارٍ وَخَطَرٌ جَدًّا، كَمَا الحوامِضُ، يُسَبِّبُ تَرَشَّاشَهُ عَلَى الجِلْدِ حُرُوقًا شَدِيدَةً. وَالْقَلَوِيَّاتُ تَكُونُ فِي المَاءِ أيوناتَ الهيدروكسيد (أه-)، الَّتِي تَتَفَاعَلُ مَعَ أيوناتِ الهيدروجين (ه+) فِي الحوامِضِ فَيُبْطِلُ (أَوْ تُعَادِلُ) حَمَاضِيَّتَهَا. وَتُقَاسُ قُوَّةُ القَلِيِّ بِعَدَدِ أيوناتِ الهيدروكسيد الَّتِي يُحْدِثُهَا القَلِيُّ فِي المَاءِ، وَتُقَاسُ هَذِهِ عَلَى سُلَّمِ الأَسِّ الهيدروجيني (هس).



## الصَّابُون

الْقَلَوِيَّاتُ صَابُونِيَّةٌ المَلْمَسَ عِنْدَمَا تُدَلِّكُ بَيْنَ الأصَابِعِ. وَذَلِكَ لِأَنَّهَا تَتَفَاعَلُ مَعَ زَيْتِ الجِلْدِ وَتَشْرَعُ بِإِذَابَتِهَا. يُصْنَعُ الصَّابُونُ بِإِغْلَاءِ الدَّهْنِ الحَيَوَانِيِّ أَوْ الزَّيْتِ النَبَاتِيِّ مَعَ قَلِيٍّ قَوِيٍّ كَهيدروكسيد الصوديوم (ص أ هـ).

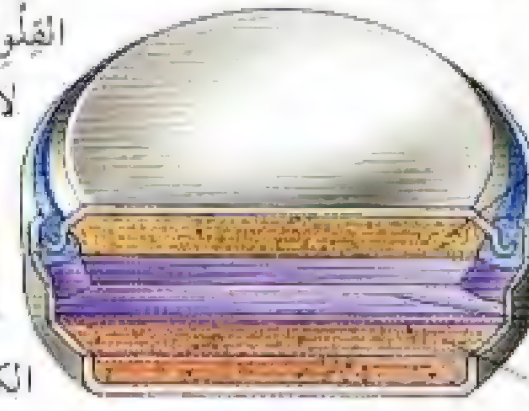
## الْقَلَوِيَّاتُ مِنَ الرَّمَادِ

الْعَرَبِيُّونَ أَخَذُوا كَلِمَةَ «قَالِي» مِنَ الْعَرَبِيَّةِ بِمَعْنَى رَمَادٍ يُتَّخَذُ مِنْ بَعْضِ النَبَاتَاتِ. وَكَانَتْ الْقَلَوِيَّاتُ تُصْنَعُ فِيمَا مَضَى بِحَرْقِ الخَطَبِ وَالنَبَاتَاتِ الْآخَرَى - فَتَحْضَرُ كَرِبُونَاتُ الصُّودِيومِ مِنْ حَرْقِ النَبَاتَاتِ الْبَحْرِيَّةِ، وَكَرِبُونَاتُ البُوتَاسِيومِ

مِثْلُ هَذَا النُّوعِ مِنْ مِنْ حَرْقِ النَبَاتَاتِ الْبَرِّيَّةِ. أَمَّا الْيَوْمَ فَتُصْنَعُ الْقَلَوِيَّاتُ بِالْكَهْرَلَى (التَّحْلِيلُ بِالْكَهْرَبَاءِ). بِالبَطَّارِيَّاتِ الْقَلَوِيَّةِ تَجِدُهُ فِي السَّاعَاتِ وَالْحَاسِبَاتِ الْإِلِكْتَرُونِيَّةِ.

## المُوصَلَّاتُ الْقَلَوِيَّةُ

الْقَلَوِيَّاتُ مُوصَلَّاتٌ جَيِّدَةٌ لِلْكَهْرَبَاءِ لِأَنَّهَا تَتَفَكَّكُ فِي المَاءِ لِتَكُونُ الأَيُونَاتِ. وَتُسْتَخْدَمُ القَلِيُّ القَوِيُّ هيدروكسيد البوتاسيوم فِي البَطَّارِيَّةِ الْقَلَوِيَّةِ لِتُوصَلَ الكَهْرَبَاءُ بَيْنَ الْإِلِكْتَرُونِذِينَ.



الِكْتَرُونُ سَالِبٌ مِنْ الْخَارِصِينَ الْكْتَرُولِيَّتِ مِنْ هيدروكسيد البُوتَاسِيومِ الْكْتَرُونُ مُوجِبٌ مِنْ أَكْسِيدِ الزُّنْبُقِ



## الرَّمْزُ التَّحْذِيرِي

مَحَالِيلُ الْقَلَوِيَّاتِ الشَّرَكَّةُ أَكْثَالُهُ يُمَكِّنُ أَنْ تُسَبِّبَ حُرُوقًا مُبَرَّحَةً. لِذَا تَحْمِلُ الأَوْعِيَةُ الْمُسْتَحْدَمَةُ فِي تَخْزِينِ الْقَلَوِيَّاتِ أَوْ نَقْلِهَا عَلَامَةً تُحَذِّرُ مِنْ خَطَرِهَا.



## الْقَلَوِيَّاتُ فِي الْفَضَاءِ

اسْتُخْدِمَ رَوَادُ الْفَضَاءِ فِي بَعَثَاتِ أَبُولُو الْفَضَائِيَّةِ قَلِيًّا هُوَ هيدروكسيد الليثيوم لِمُعَادَلَةِ مُسْتَوِيَّاتِ ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ الْخَطِرَةِ الَّتِي كَانُوا يَزِفُونَهَا. وَتُسْتَخْدَمُ هَذَا النُّوعُ مِنَ التَّعَادُلِ أَيْضًا لِإِزَالَةِ ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ فِي الْمَبَانِي الْمَكْنِيَّةِ.

مُغْفَلُ مَعَالِجَةِ الْخَبَرِ الْجَبَرِي

## الْقَلَوِيَّاتُ مَعَ الْقَلِزَاتِ

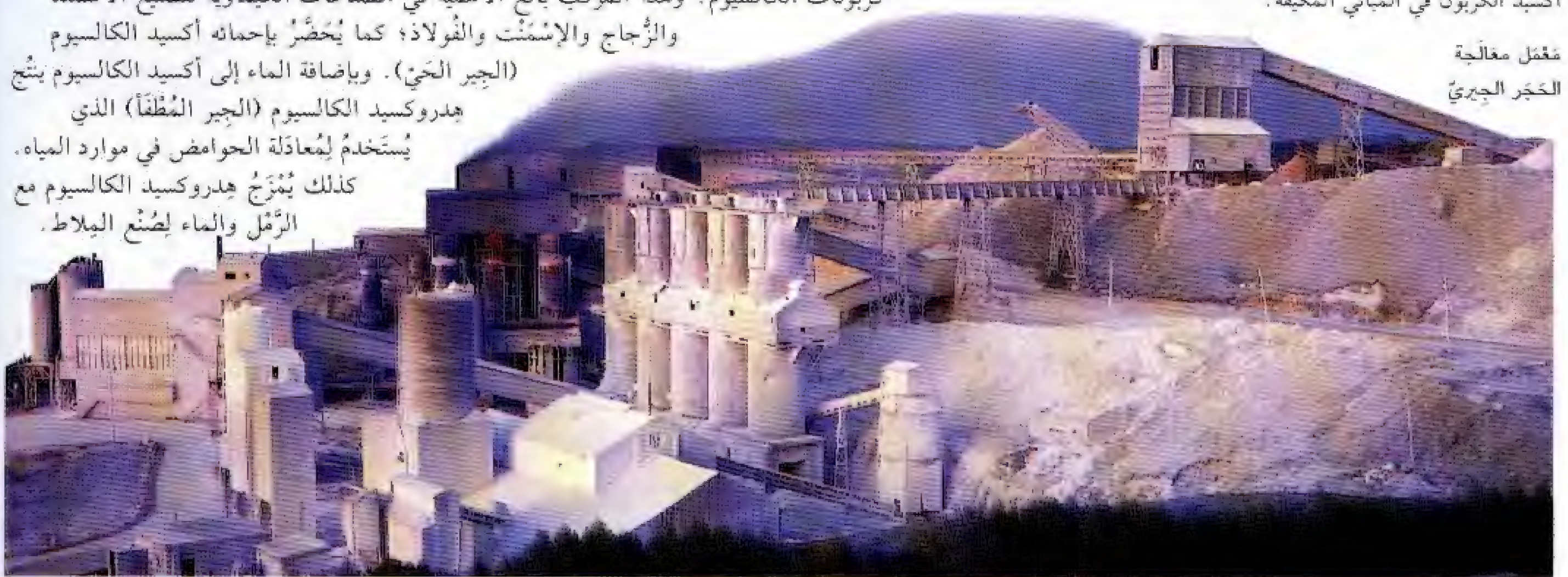
عِنْدَ صَبِّ مَحْلُولِ هيدروكسيد الصُّودِيومِ عَلَى قِطْعٍ مِنْ قَلِزٍ الْمَغْنِيسِيومِ، يُحْدِثُ الهيدروجينُ، الْمَتَكُونُ مِنَ التَّفَاعُلِ أَزِيمًا شَدِيدًا، وَيَقِي هيدروكسيد المغنيسيوم فِي الْقَارُورَةِ. وَهَذَا الْمَرْكَبُ هُوَ قَوَامٌ لَبِنِ الْمَغْنِيسِيَا، الَّذِي يَتَنَاوَلُهُ النَّاسُ لِمُعَالِجَةِ عُسْرِ الهَضْمِ - إِذْ يُعَادِلُ الْحَامِضَ الزَّائِدَ فِي الْمَعِدَةِ.

يَتَفَاعَلُ هيدروكسيد الصُّودِيومِ مَعَ قِطْعِ الْمَغْنِيسِيومِ.



## كَرْبُونَاتُ الْكَالْسِيومِ

الأَصْدَافُ الْبَحْرِيَّةُ وَالْمَرْجَانُ وَطَبَاشِيرُ وَالْحَجَرُ الْجَبَرِي (الْكَلْسِي) وَالرَّخَامُ كُلُّهَا تَتَأَلَّفُ مِنْ كَرِبُونَاتِ الْكَالْسِيومِ. وَهَذَا الْمَرْكَبُ بَالِغُ الأَهَمِّيَّةِ فِي الصَّنَاعَاتِ الْكِيمَاوِيَّةِ لِتَصْنِيعِ الأَسْمَدَةِ وَالزُّجَاجِ وَالْإِسْمُنْتِ وَالْفُولَادِ؛ كَمَا يُحْضَرُ بِإِحْمَاةِ أَكْسِيدِ الْكَالْسِيومِ (الْجَبَرِ الْحَيِّ). وَبِإِضَافَةِ المَاءِ إِلَى أَكْسِيدِ الْكَالْسِيومِ يَنْشِجُ هيدروكسيد الْكَالْسِيومِ (الْجَبَرِ الْمُطْفَأُ) الَّذِي يُسْتَخْدَمُ لِمُعَادَلَةِ الحَوَامِضِ فِي مَوَارِدِ المِيَاهِ. كَذَلِكَ يُمَزَّجُ هيدروكسيد الْكَالْسِيومِ مَعَ الرَّمْلِ وَالْمَاءِ لِصُنْعِ البِلَاطِ.






كلما ازداد عدد أيونات الهيدروكسيد في محلول قلوي، تزداد قوته ويرتفع أسه الهيدروجيني (هـ). وهذا الأس أكثر من ٧ لجميع القلويات.

النقص القلوي من سلم الأس الهيدروجيني (هـ)

٧ (متعادِل)	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
-------------	---	---	----	----	----	----	----


**تستخدم القلويات للتخلص من الدهون والشحوم.**



أيون موجب  
أيون الهيدروكسيد السالب

في القلوي الضعيف، ينفصل عدد قليل من أيونات الهيدروكسيد عن الأيونات الموجبة.

**تستخدم القلويات لإزالة النحاس الأصفر.**



أيون موجب  
أيون الهيدروكسيد السالب

في القلوي القوي، ينفصل الكثير من أيونات الهيدروكسيد عن الأيونات الموجبة.

**القلويات القوية**

بعض القلويات، كهيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم قوية لأن جميع جزيئاتها تتفكك إلى أيونات عند ذوبانها في الماء؛ وهكذا فهي تحوي الكثير من أيونات الهيدروكسيد، وأسها الهيدروجيني (هـ) عالي. مُنظفات الأفران، مثلاً، تحوي قليلاً قوياً أگالاً هو هيدروكسيد الصوديوم الذي يتفاعل مع الترسبات الدهنية المحروقة المتكونة على جدران الفرن، خلال عملية الطبخ فيزِيلها.

بعض القلويات، كهيدروكسيد الأمونيوم وبيكربونات الصودا، ضعيفة لأن القليل من جزيئاتها فقط يتفكك إلى أيونات في محلولها المائي. لذا فهي تحوي قليلاً من أيونات الهيدروكسيد، وأسها الهيدروجيني (هـ) خفيض. مُنظف النحاس الأصفر مُحلول قلوي ضعيف، وهو يعمل بحل طبقة الأكسيد التي تعلق سطح النحاس عندما يُترك مُعرّضاً للهواء.

### إضافة الكلس إلى الحقول والبحيرات

تزداد حموضة التربة والبحيرات بالمطر الحمضي. وهذه الحموضة الزائدة تُزيل بعض المُغذيات الأساسية من التربة؛ لذا يلجأ المزارعون إلى مسحوق الكلس (هيدروكسيد الكالسيوم) ينثرونه في حقولهم. فالكلس قاعدة قوية تُبطل فعل الحموضة في التربة؛ كذلك تُخفّض حمضية مياه البحيرات بإضافة الكلس إليها. إن إضافة الكلس تدير يُخفّف الضرر الناتج عن المطر الحمضي في الحقول والبحيرات، لكنه لا يُعالج مُسببات التلوث.



مُزارع يُعالج حقله بالكلس.



### التعادل

يحدث تعادل في كل مرة يتفاعل فيها حامض مع قاعدة ليُكونا الماء مع مُركّب آخر يُسمى ملحاً. ويُستفاد من هذا التفاعل في معالجة بعض لُسعات الحيوان والنبات. فإذا لُسعتك زنبور يمكنك إبطال فعل اللُسعة القلوية بواسطة حامض كعصير الليمون أو الخل. أمّا إذا لُسعتك نحلة أو نملة، فيمكنك إبطال فعل اللُسعة الحامضية بواسطة قُلي كبيكربونات الصودا. أمّا لُسعة القرّيص الحامضية فيمكن مُعالجتها بالذّلك بورق عُشبة العرق المُسهل القلوية.



لشعة الزنبور مؤلمة لأنها تحوي قليلاً. ويمكن إبطال فعلها بواسطة حامض كالخل.

### القلويات في وبأ الطاعون

في القرن السابع عشر اجتاحت مرض الطاعون مدينة لندن في إنكلترا فقتل قُرابة ٨٠٠٠٠ نسمة عام ١٦٦٥. وكانت الجُثث تُدفن في مقابر جماعية وتُغطى بالكلس (الجير الحي)، وهو قُلي قوي، لِتُسريع انجلائها.



### مطفأة الحريق

تعمل بعض مطفآت الحريق باستخدام تفاعل التعادل بين حامض وقاعدة. فهي تحوي حمض الكبريتيك وبيكربونات الصودا اللذين يمتزجان ويتفاعلان عندما تُقَلَّب المطفأة رأساً على عقب لِينتجا الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون. ويدفع ضغط الغاز رُغاوة سائلة وفقايع ثاني أكسيد الكربون من مُنفذ المطفأة.



التفاعل الأُزرّ للحامض مع القُلي يدفع الرُغاوة غير الميتة لإطفاء الحريق.

#### لمزيد من المعلومات انظر

- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- الحوامض ص ٦٨
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأملاح ص ٧٣
- صناعة القلويات ص ٩٤



# قياس الحمضية

هل لاحظت التغير الخفيف في لون الشاي عند إضافة قطعة ليمون إليه؟ فالشاي في هذه الحالة يعمل ككاشف كيميائي مبيّن أن الليمون قد زاد الحمضية. وتستخدم بعض الكيماويات الملونة بالطريقة نفسها لتمييز المحلول الحمضي من القلوي. ويدعى المقياس النسبي لحمضية المحلول أو قلوته  $H^+$  (اختصاراً للأس أو الرقم الهيدروجيني)، وهو مدرج سلمياً من ١ إلى ١٤، تبعاً لعدد أيونات الهيدروجين في المحلول. فإذا كان  $H^+ = ١$ ، فالمحلول يحوي الكثير جداً من أيونات الهيدروجين، وهو حمض قوي. وإذا كان  $H^+ = ١٤$ ، فالمحلول يحوي القليل جداً من أيونات الهيدروجين، وهو قلوي قوي. أمّا المحاليل المتعادلة فالأس الهيدروجيني لها  $H^+ = ٧$ .



## الكواشف

هناك العديد من الكواشف التي تبيّن حمضية المحلول أو قلوته. ولعل أجداها عملياً مزيج من الأصباغ يُعرف بالكاشف العام، يتغير لونه على مدى سلم الأس الهيدروجيني كله من الأحمر  $H^+ = ١$  (للحامض القوي جداً) إلى الأزرق  $H^+ = ١٤$  (للقلوي القوي جداً). ويمكن استخدام الأصباغ المستخرجة من الفواكه والخضار، كالإجاص والبصل والملفوف الأحمر، ككواشف لأن ألوانها تتغير بتغير  $H^+$ .

فصير الملفوف الأحمر، مثلاً، يتغير من الأحمر في حامض قوي، مروراً بالقرنفلي فالأزرقاني فالأزرق ثم الأخضر في قلوي قوي.



الفينولفثالين قرنفلي غامق فوق  $H^+ ٩,٥$



الفينولفثالين عديم اللون تحت  $H^+ ٨,٥$

## الكواشف المختبرية

يستخدم العلماء غالباً كواشف مختبرية خاصة حساسة لمساعدتهم في التحديد الدقيق للكمية الأدي من الحامض التي تضاف إلى القلوي لتعادله تماماً. ونذكر من هذه الكواشف اثنين هما برتقالي الميثيل والفينولفثالين اللذان يغيران لونهما عند قيم بالغة الدقة للأس الهيدروجيني.



برتقالي الميثيل أحمر تحت  $H^+ ٣$



برتقالي الميثيل أصفر فوق  $H^+ ٨$



برتقالي الميثيل برتقالي بين  $H^+ ٤$  و  $٨$ .

## مقياس الأس الهيدروجيني

يمكن قياس الأس الهيدروجيني لمحلول ما بدقة بمقياس  $H^+$ . ويستخدم هذا الجهاز إلكتروداً لقياس تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، ويعرض قيم  $H^+$  للمحلول رقمياً، أو بواسطة إبرة على مقياس مدرج.



## حموضة التربة

الأس الهيدروجيني ( $H^+$ ) للتربة مهم للمزارعين فبعض النباتات تنمو فقط في مدى معين منه. فالمناطق الكلسية ذات تربة قلوية عادة ( $H^+$  من ٧ إلى ٧,٥). أمّا المناطق الرملية والصلصالية السبخة والخثية فهي عادة ذات تربة حمضية ( $H^+$  من ٦,٥ إلى ٧). نبات الخننج مثلاً، يألف التربة الحمضية، لذا نجده يغطي الأراضي البرية السبخة غالباً. زهور الأظنسية زهور الأظنسية حمراء في التربة القلوية. التربة الحمضية زرقاء.



## الكواشف الطبيعية

بعض النباتات هي كواشف طبيعية؛ فلون زهر الأظنسية تحدده حمضية التربة أو قلوته. وصيغ عباد الشمس كاشف معروف نحصل عليه من نبات أشنة الصباغين. لون عباد الشمس أحمر في الحوامض وأزرق في القلويات.

القلويات تخول لون ورق عباد الشمس إلى الزرقاء. الحوامض تخول لون ورق عباد الشمس إلى الأحمر.



يجب شداً قشائل الغدسات الأصقة والخفّن كيلا يتغير الأس الهيدروجيني لسوائل الجسم.

## العوامل الدائرة

أحياناً، لا نريد تغير  $H^+$  للمحلول. ففي الجسم، مثلاً، نحصل معظم التفاعلات ضمن مدى ضيق للأس الهيدروجيني. إن تغيراً بمقدار ٠,٥ في  $H^+$  الدم قد يؤدي إلى الموت. ولمنع ذلك يُنتج الجسم موادّ دائرة تعادل أيّ تغيرات حمضية أو قلوية ليظل  $H^+$  الدم ثابتاً. وللسبب نفسه، يجب أن تُدرأ الحُقن الوريدية بعناية بالغة.

## لمزيد من المعلومات أنظر

- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- الهيدروجين ص ٤٧
- التفاعلات العكوسة ص ٥٤
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيماوي ص ٦٢
- الحوامض ص ٦٨
- القلويات والقواعد ص ٧٠



# الأملاح

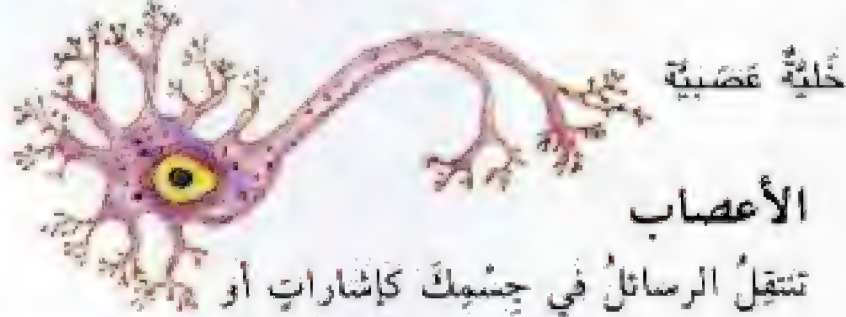
مياه البحر مالحة لأن الأملاح في غالبيتها ذوابة في الماء، فتحملها الأنهار من اليابسة إلى البحر حيث يتزايد تركيزها فيه على مدى الدهور (لأن الماء المتبخر لا يحوي ملحًا).  
الأملاح كثيرة جدًا ومتعددة الأنواع، وما ملح الطعام إلا واحد منها. وهي في الواقع كيماويات مفيدة واسعة الاستعمالات تشمل الأدوية والجبس والبارود والطباشير وخضب الدهانات ومبيدات الحشرات والأسمدة وسواها. والملح، كيماويًا، مركب من فلز (أو شق فلزي) ولا فلز (أو شق لافلزي)، مترابطين معًا برابط أيوني، يتولد من تفاعل حامض مع فلز أو قاعدة. وتشكل الأملاح بلورات جميلة في كثير من الحالات.

يتألف ملح الطعام من  
أيونات الصوديوم  
(ص<sup>+</sup>) وأيونات  
الكلوريد (كل<sup>-</sup>).



## أملاح الجسم

لعلك تذوقت طعم الملوحة في عرقك مرات عديدة؛ فانت كلما تعرق تفقد بعض الملح من جسمك. والملح مادة حيوية لقيام الجسم بوظائفه على الوجه الصحيح؛ وفقدانه منه قد يؤدي إلى التجفاف فالإنهار. لذا ينصح الأطباء المسافرين إلى بلاد حارة بأخذ أقراص ملحية تعوض ما يفقدونه من الأملاح بالتعرق.



## الأعصاب

تنتقل الرسائل في جسمك كإشارات أو دفعات كهربائية على طول الألياف العصبية. وتعتبر هذه الإشارات الفجوة بين ليفتين بواسطة أيونات البوتاسيوم والصوديوم المتواجدة في سائل الخلايا. هذه الأيونات الحيوية مضدورها الأملاح التي تتناولها في طعامك.

بلورات  
كبريتات  
النحاس  
الزرقاء



## الأسر الملحجة

في ملح ما، كملح كبريتات النحاس، يأتي الشق الفلزي (النحاس) من القاعدة (أكسيد النحاس) والشق اللافلزي (الكبريتات) من الحامض (حامض الكبريتيك). وهكذا فإن لكل حامض أسرة من الأملاح - فحامض الكبريتيك ينتج الكبريتات، وحامض الشريك يكون السترات، إلخ. ولكل قاعدة أيضًا أسرة من الأملاح. فأكسيد النحاس مثلاً، ينتج دائماً أملاح النحاس.

تبدأ بلورات كبريتات النحاس الدقيقة بالظهور مع تبخر ماء المحلول بالحرارة.



الحرارة  
المتولدة من  
حاروق بترن  
تبخر الماء من المحلول  
تاركاً الملح في البوثرة.

## الأملاح الطبيعية

يتألف معظم المعادن والخامات من الأملاح؛ فمنها مثلاً، الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) والجبس (كبريتات الكالسيوم) والفلوريت (فلوريد الكالسيوم). وتشكل جميع الأملاح بلورات جميلة إذا ما توافرت لها ظروف النمو المثالية.



بلورة  
فلوريت

حامض الكبريتيك  
المُخَفَّف



ينتج محلول أزرق من  
كبريتات النحاس، عندما  
يتفاعل الحامض مع أكسيد  
النحاس الأسود.

## كيف تُحضّر ملحاً

تُحضّر الأملاح بتفاعل حامض مع قاعدة لتكوين ملح وماء. فإذا أحمي مزيج من أكسيد النحاس الأسود (قاعدة) مع حامض الكبريتيك المُخَفَّف، ينتج محلول أزرق. في هذا التفاعل تعادل القاعدة الحامض وينتج ملح ذواب هو كبريتات النحاس. وعند تبخير المحلول بالتسخين تحصل على بلورات كبريتات النحاس الزرقاء.

يُجلّ النحاس بليمونة.  
هذا التنظيف يُؤلّد ملحاً  
ذوابة في عصير الليمون  
الحامض.

نحاس كابت اللون



## ملح نحاسي

يتفاعل النحاس بسهولة مع أكسجين الهواء، فيكمد لونه بطبقة رقيقة من أكسيد النحاس تفقده بريقه. عند جلّو النحاس المكمد بعصير الليمون الحامض (حامض الشريك) يتفاعل الحامض مع أكسيد النحاس (قاعدة) ليكون ملحاً ذوابة (سترات النحاس) وماء. وبذوبان هذا الملح في الماء، يعود النحاس نظيفاً وبراقاً.

## لمزيد من المعلومات انظر

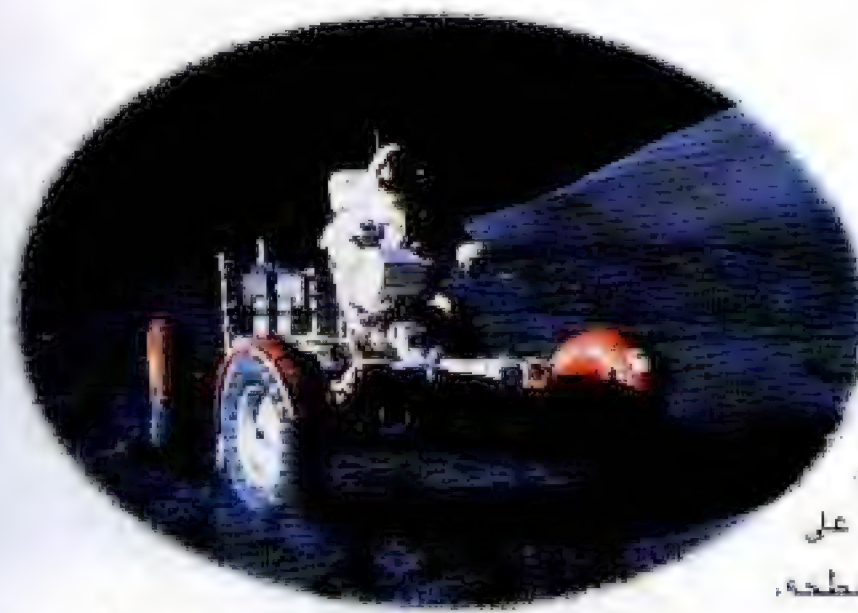
- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- البلورات ص ٣٠
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- الحوامض ص ٦٨
- القلويات والقواعد ص ٧٠



# كيمياء الهواء

يحتوي الهواء عدّة  
غازات مختلفة  
عديمة  
اللون.

الهواء الحيوي اللامرئي الذي يحيط بنا على الدوام هو مزيج من غازات مختلفة يؤلف النتروجين والأكسجين ٩٩٪ منها. ويُسهم الإنسان باستمرار عن طريق التنفس والأنشطة الصناعية المختلفة في تغيير تركيب الهواء؛ وتعادل النباتات بعض هذه التغييرات في عملية التخليق الضوئي. يشكّل هواء الجو درعًا واقية تُرشح ضوء الشمس من الأشعة فوق البنفسجية المؤذية، وتسمح بمرور الأشعة المرئية والأشعة دون الحمراء التي نعتد عليها كمصدر للضوء والحرارة؛ كما يعمل الهواء أيضًا كطبقة عازلة تمنع التدني أو الارتفاع الأقصى في درجة الحرارة. فلولا الهواء لكانت الأرض كما القمر - حارة جدًا نهارًا، وباردة جدًا ليلاً.



## الهواء من نعم الأرض

يحكم العادة، نسي أحيانًا أننا مُحاطون بالهواء؛ وأن كثيرًا مما نفترضه أمرًا طبيعيًا عاديًا قد لا يحدث بدونَه. فلو اصطحب رواد الفضاء سيارة عادية إلى القمر لما أمكنهم استخدامها لانعدام الهواء في جُوه. وهم قد استخدموا فعليًا، في تجوالهم الاستطلاعي القمري، سيارة كهربائية.



يؤلف النتروجين ٧٨٪ من حجم الهواء.



لا يمكن استخدام السيارات العاملة بالبنزين على سطح القمر. لذا استخدم رواد القمر سيارة كهربائية على سطحه.

يؤلف الأكسجين ٢١٪ من الهواء (بالحجم).



يؤلف الأرجون ٠,٩٪ من الهواء.



تؤلف الكميّات الصغيرة من الغازات الأخرى ٠,٠٧٪ من الهواء.

على الأرض، تأخذ السيارة الهواء باستمرار؛ فأكسجين الهواء ضروري لحرق البنزين - والطاقة المُطلقة في التفاعل تُسيّر السيارة.

يؤلف ثاني أكسيد الكربون ٠,٠٣٪ من الهواء.

## الهواء عماد الحياة

تعتمد الحياة بِمُختلف أشكالها على الهواء من أجل البقاء. فالإنسان يستخدم أكسجين الهواء ليُحوّل طعامه إلى طاقة؛ ويؤيّر ثاني أكسيد الكربون. والنباتات في عملية التخليق الضوئي تحوّل ثاني أكسيد الكربون من الهواء إلى أغذية، كالسكريات، تحتاجها في عملية النمو.

## تقطير تجزيّ للهواء

يحتوي الهواء بعض الغازات المهمّة. وهذه يُمكن فصلها بعملية التقطير التجزيّ؛ فيُسَلّ الهواء بتريده إلى درجة حرارة خفيفة جدًا. ثم يُترك ليُسَخّن، فتتبعثر الغازات غير متوافقة ويُجمّع كلُّ غاز على حدة لأن لكل منها درجة غليان مختلفة.

## اكتشافات علمية



١٧٥٤ اكتشف الطبيب الاسكتلندي، جوزيف بلاك، ثاني أكسيد الكربون في الهواء.  
١٧٧٢ اكتشف الطبيب الاسكتلندي، دانيال روفرورد، النتروجين في الهواء.  
١٧٧٤-٧٩ جوزيف بريستلي (البريطاني) وأنطوان لافوازييه (الفرنسي) اكتشفا الأكسجين في الهواء مُستقلين.  
١٨٩٢-٩٨ اكتشف العالمان البريطانيان، السير وليم رامزي واللورد رايلي، أن الهواء يحتوي غازات خاملة.



## جودة الهواء

لقد تسيّبت الأنشطة البشرية في تغيير تركيب الهواء. فمثلًا، قبل أن تأخذ مُستويات الكبريت في الهواء بالارتفاع، قرابة العام ١٦٠٠، لم يكن تنظيف

الفضة ضروريًا. وقد حدثت التغيرات الكبرى بعد الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر، حينما بدأ الناس يحرقون الوقود الكربوني على نطاق واسع. ونحن نعلم أن ثاني أكسيد الكربون اليوم يؤلف نسبة أكبر من الهواء عما كانت عليه سابقًا. فمن واجبنا جميعًا التحكم بمستويات التلوث المنطلق في الهواء لحماية الحياة على سطح الأرض.

## لمزيد من المعلومات انظر

- النتروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- الغازات الثبيلة ص ٤٨
- سلوك الغازات ص ٥١
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- الجوّ ص ٢٤٨



# كيمياء الماء

لو طلبت إلى شخص عادي أو عالم مُتخصّص أن يسمّي بضعة من أشهر المواد وأهمّها، لكان الماء في رأس هذه المواد رغم كونه ذلك السائل المُبتذل العديم اللون والطعم والرائحة. كيميائيًا، الماء مُركَّب يتألّف جزيئته من ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأكسجين - فصيعته إذاً  $H_2O$ . وهو كيميائيّ ذووَب الفاعلية ومُذيب عامٌ جيدٌ بحيث يكاد لا يوجد في حال النقاوة الكاملة مُطلقًا حتى في المطر. والماء بالغ الأهمية للكائنات الحيّة، فهو يُكوّن الجزء الأكبر من مادة جسم الإنسان - كما يحمل المغذّيات إلى سائر خلاياه ويخلّصه من فضلاته.

عدّد الجزيئات في نقطة ماء واحدة أكثر من ملايين النجوم التي تُشاهد في السماء.

قد يصل سُحتوى الشخص النحيل من الماء ٧٥٪، بينما هو في السمين ٥٥٪ فقط.

قُرابة ثُلثي وزن جسم الإنسان ماء.



تحتوي

البندورة ٩٥٪ من وزنها ماء.

تُغطّي المياه فوق ٧٠٪ من سطح الأرض.



الماء في كُل مكان

الماء أكثر المُركّبات الكيميائية وفرة إذ يُغطّي فوق ال ٧٠٪ من سطح الأرض. ويبلغ مُعدّل مُحتوى جسم الإنسان من الماء حوالي ٦٥٪ من وزنه، كما تتألّف بعض المأكولات في معظمها من الماء، فتحتوي ثمار البندورة، مثلاً ٩٥٪ من وزنها ماء. وفي مختلف أماكن تواجده هذه يقوم الماء بتفاعلات ووظائف كيميائية مهمّة.

## الماء الجامد

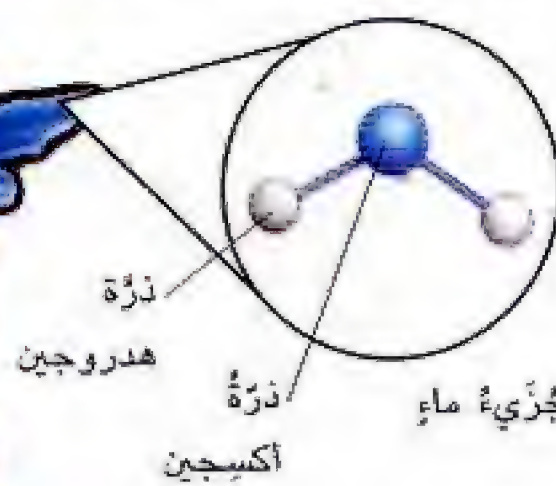
بخلاف مُعظم المواد الأخرى، يتمدّد الماء خلال تحوُّله إلى جليد. فعندما تتضام جزيئات الماء لتكوّن الجليد تنضمّ ذرة هيدروجين من أحد الجزيئات إلى ذرة أكسجين في جزيء آخر، فيتكوّن شكلٌ سداسي ذو خيَرٍ خاوٍ في الوسط. ويُفسّر هذا التشكُّل ظاهريّين، أولاً كون الجليد أخفّ من الماء، وثانياً تشكُّل الشكل السداسي التراتبي للكسف الثلجيّة.

التسخين يُفقّد بلّورات كبريتات النّحاس لونها الأزرق، والماء يعيد إلى البلّورات المبيّضة زرقاتها.



## ماء التبلور

تحتوي مُركّبات كثيرة جزيئات ماء مُحتبسة في بلّوراتها. هذا الماء هو ماء التبلور ويمكن نزعُه بالإخفاء. فإذا سُخّنت بلّورات كبريتات النّحاس الزرقاء تفقّد ماء التبلور ويبيّض لونها. ولا تعود إلى هذه البلّورات المبيّضة زرقاتها إلا بإضافة الماء. وتُستخدم هذه الظاهرة كيميائيًا كاختبار للكشف عن وجود الماء.



ذرة هيدروجين  
ذرة أكسجين  
جزيء ماء

## الماء في الهواء

في يوم رطب، يحوي الهواء كمّيّة كبيرة من بخار الماء (حوالي ٥٪ من وزنه)، والرطوبة النسبيّة هي مقياس لكمّيّة الماء في الهواء. أمّا الهواء الجافّ، كهواء الصحاري، فمُحتواه من بخار الماء نزر يسير.

تحتوي الصحاري نزرًا من الماء لا يكفي لعيش الكثير من الأحياء.



## لمزيد من المعلومات انظر

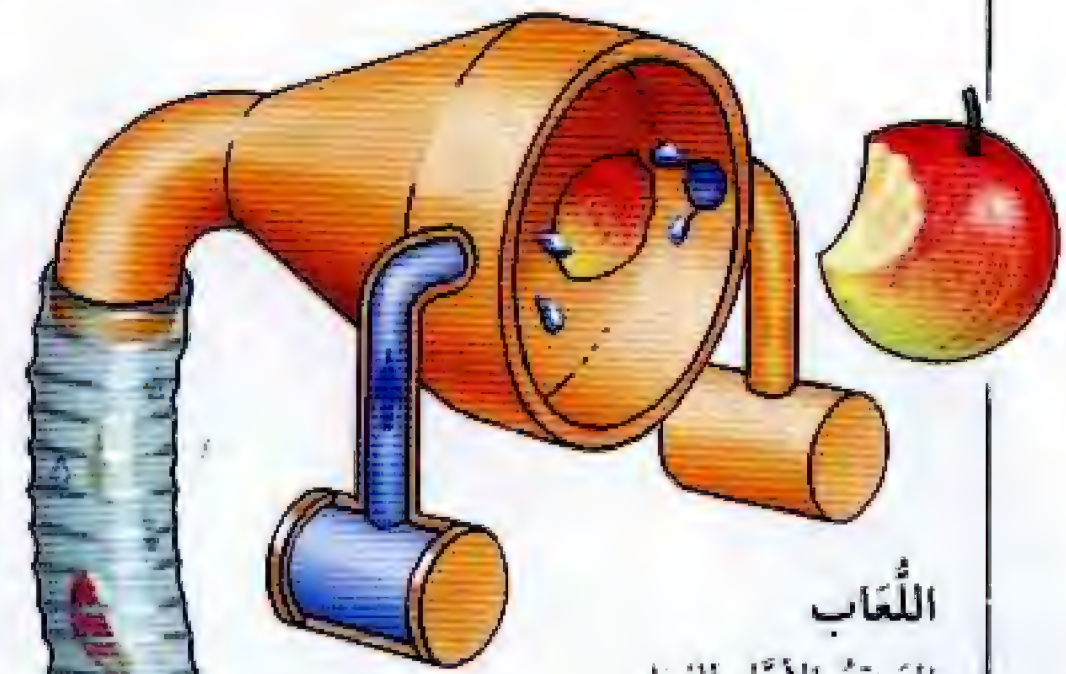
- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الترايط الكيميائي ص ٢٨
- البلّورات ص ٣٠، المحاليل ص ٦٠
- الماء - مُعالجته وصناعاته ص ٨٣
- الرطوبة ص ٢٥٢
- الثلج ص ٢٦٦





# كيمياء الجسم البشري

جسم الإنسان مصنع كيميائي مُتَنَقِّلٌ مُهَيَّأٌ لمعالجة موادّه الخام كالطعام والماء والأكسجين على الوجه الأكمل. بعد التغذية، تمرّ هذه الموادُ بسلسلة من التفاعلات الكيميائية المعقّدة، تُعرف بالاستقلاب (أو الأيض)، مُولّدة الطاقة التي يحتاجها الجسم للقيام بوظائفه. إحدى سلاسل هذه التفاعلات تفكّك جزيئات الطعام الكبيرة في عملية الهضم إلى جزيئات أصغر، كالغلوكوز، يُمكن سريانها إلى مجرى الدّم. وينتقل الدّم الغلوكوز إلى الكبد حيث يُخترن كوقود جُسْمانِيّ. وفي عملية التنفّس الخلوي تبتعث خلايا الجسم الطاقة من الوقود المُمتل. أما الفضلات فتُنقل إلى نهاية خطّ المصنع البشري للتخلّص منها.



اللّغاب

الموقع الأوّل للفعل

الكيميائيّ على الطعام هو الفم حيث يتدفّق اللّغاب من الغدد اللعابية على الطعام فيمزج به خلال عملية المضغ. واللّغاب مزيج مائيّ يحوي أنزيم الأميلاز الذي به يبدأ تفكيك النشا. ولما كان الأميلاز لا يعمل إلّا في وسط قلويّ، فإنّ اللّغاب قلويّ طفيف نوعاً.

المعدة

حال وصول الطعام إلى المعدة، يبدأ قلبه مع عضارات المعدة المنصبة من غددها. وتحتوي هذه العضارات حامضاً قوياً هو حمض الهيدروكلوريك وأنزيمات عديدة؛ ويعمل الحمض على قتل الجراثيم في الطعام وينشط أنزيم الببسين ليقوم بتفكيك البروتينات.

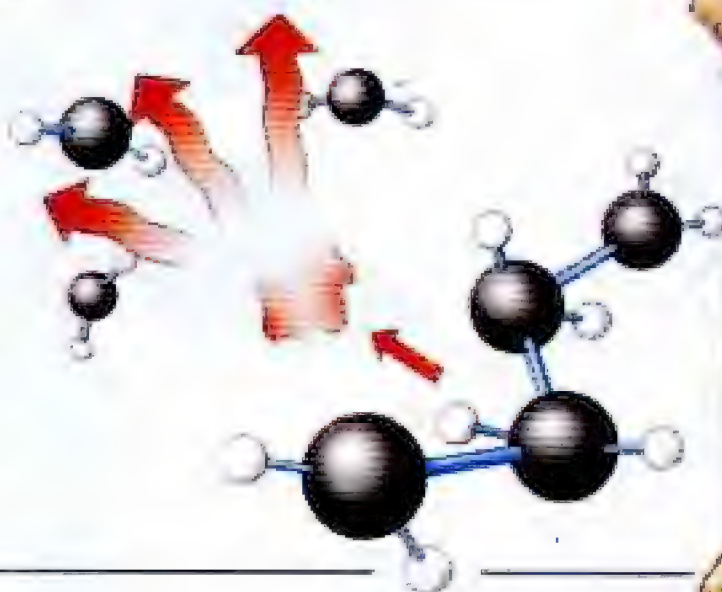
يُصنّع حمض الهيدروكلوريك في الغدد المعدية بتفاعل كيميائيّ يشتمل فيه ثاني أكسيد الكربون والماء وملح الطعام.

## الاستقلاب الهدمي (التقويض)

بعض التفاعلات الكيميائية في الجسم تولّد طاقة. فالتنفّس مثلاً، يُطلق طاقة بتفكيك الغلوكوز إلى جزيئات أصغر. وهذه الطاقة لا تتولّد نتيجة لتفكّك روابط الغلوكوز بل نتيجة لتكوّن روابط أقوى في الجزيئات الأصغر. وتدعى التفاعلات المطلقة للطاقة تفاعلات تقويضية. والعملية بأكملها الاستقلاب الهدمي.

## الاستقلاب البناء (الإنشاء)

التفاعلات الكيميائية التي تنطوي على بناء تراكيب مُختلفة في الجسم هي تفاعلات ابتنائية. وهي، بخلاف التفاعلات التقويضية، تستهلك الطاقة، لا تبتعثها. وتستبدل هذه التفاعلات الطاقة اللازمة من جميع التفاعلات التقويضية في الجسم. فتركيب بروتينات الدّم مثلاً، ينطوي على بناء جزيئات كبيرة معقّدة من جزيئات بسيطة، ممّا يستنفد كمّيات كبيرة من الطاقة، فهو إذاً تفاعل ابتنائي والعملية نفسها تدعى الإنشاء.



## الغلوكوز أحد مُنتجات الهضم

يتلقّى الطعام في المعى الدقيق، عبر قناة الصفراء، مزيجاً فعّالاً من الكيماويات هو الصفراء. وهي سائل من مُفرزات الكبد، يُخترن في كيس المرارة، يحوي أملاحاً قلوية تُساعد في تحلّل الدهون. وتُستكمل عملية الهضم بأنزيمات من البنكرياس ومن جدران المعى الدقيق. ويجري نقل الغلوكوز، الذي هو أحد مُنتجات مُجمّل هذه التفاعلات، إلى الكبد.

بينما انزيمات المعدة جادّة في عملها، تعمل تقلصات جدار المعدة كميخاضة تُحقّق الطعام وتحوّله إلى مائع يدعى الكيموس.

المرارة

تحتوي الصفراء ببيكربونات الصوديوم التي تُعادل حامض المعدة.

المعى

ينتقل الكيموس من المعدة إلى المعى الدقيق.

الدماغ

المرىء

القلب

الرئتان

المعدة خلف

الكبد

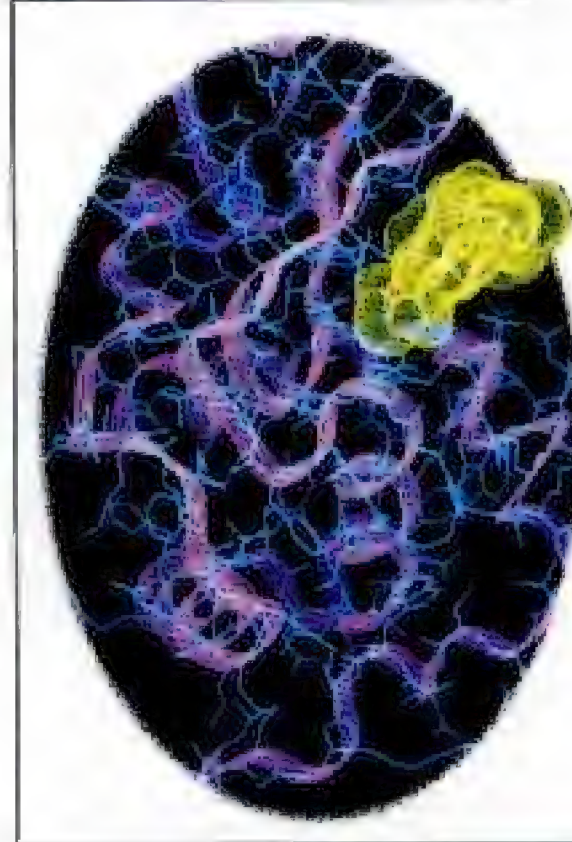
الكبد

الأمعاء



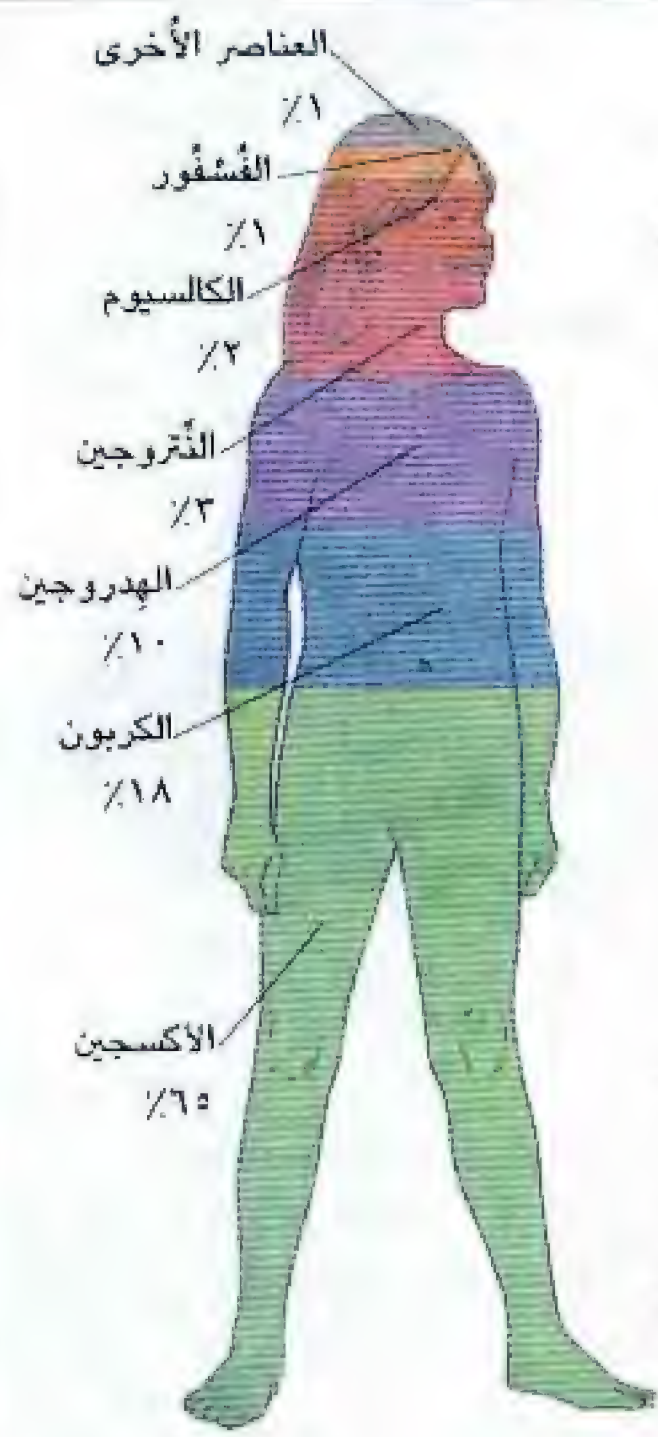
## الأنزيمات

يُسرعُ الكثيرُ من التفاعلات الكيميائية في الجسم بحفازات مُتميزة هي الأنزيمات. يختصُّ كُلُّ أنزيمٍ منها بتفاعلٍ مُعَيَّن. وهذه الأنزيمات قادرةٌ بِجِدْقِها على التمييز حَتَّى بين الجزيئات المُشابهة، فلا تُخطئُ تفاعلاتها. والأنزيمات حَفَازاتٌ سريعةٌ وفعالةٌ بشكلٍ لافتٍ. وبدونها كانت التفاعلات في أجسامنا من البُطء بحيثُ نستحيلُ معها الحياة.



## العناصرُ الكيميائية في الجسم

يتألفُ الجسمُ من عناصرٍ كيميائيةٍ مختلفةٍ ومتعددة. فالأكسجين والكربون والهيدروجين توجدُ بوفرةٍ في الدهون والبروتينات والكربوهيدرات التي تُؤلفُ مُعظمَ أنسجةِ الجسم. ويتواجدُ النتروجين في البروتينات، وتحتوي العظامُ نسبةً عاليةً من الكالسيوم والفوسفور. أما العناصرُ النَّزرة في الجسم فتشملُ الحديد، الصوديوم، البوتاسيوم، النحاس، الخارصين، المغنسيوم، اليود، الكلور، السليكون والكبريت. وهي رُغمَ تواجدها بِكميَّاتٍ ضئيلةٍ، ضروريةٌ جدًا للحفاظُ على سلامة الجسم.



## الكبد

الكبدُ مَحطةُ القدرة الكيميائية في الجسم. فهي تفرزُ الصفراء - السائلُ المُخضَّر الذي يُساعدُ على الهضم. وتخزنُ الكبدُ الغلوكوز والفيتامينات والمعادن، كما تُزيلُ سُموماً الأدوية والكحول من الدَّم. والتفاعلات التي تجري في الكبد مُعظمُها من النوع الذي يُطلقُ الحرارة، وهذه الحرارة تنتشرُ في الجسم بواسطة الدَّم وتُدفئنا.



## الدَّم

تحتوي كُرَيَّاتُ الدَّم الحُمْرُ مُركَّبًا من الهروتين والحديد يُدعى اليخُمُور (الهيموغلوبين)، وهو يتحدُّ مع الأكسجين في الرئتين ويُنقله إلى سائر خلايا الجسم. وعند انطلاق الأكسجين من الدَّم خلال عملية التنفُّس الخلوي، يفقدُ اليخُمُور لَوْنَهُ الأحمرَ الرَّاهي ويُصبحُ أَرَجَوَانِيًّا. وفي الوقت نفسه يُعادِلُ الهيموغلوبين ثاني أكسيد الكربون (فضالة الأكسدة) في خلايا الأنسجة ويحيله إلى الرئتين حيث يُفرَّغُ إلى خارج الجسم.

## التنفُّس

تحوُّلُ الطاقة المُحتَوَاة في الطعام إلى الطاقة اللازمة ليقومَ الجسمُ بوظائفه في تفاعلٍ كيميائيٍّ هو التنفُّس. ويحصلُ هذا التفاعلُ في كُلِّ خليةٍ من الجسم بل في جميع الخلايا الحيَّة في العالم إجمالاً. هنالك نوعان من التنفُّس: الهوائي واللاهوائي؛ والتنفُّس الهوائي يتطلَّبُ الأكسجين، ويُطلِقُ الكثيرَ من الطاقة.

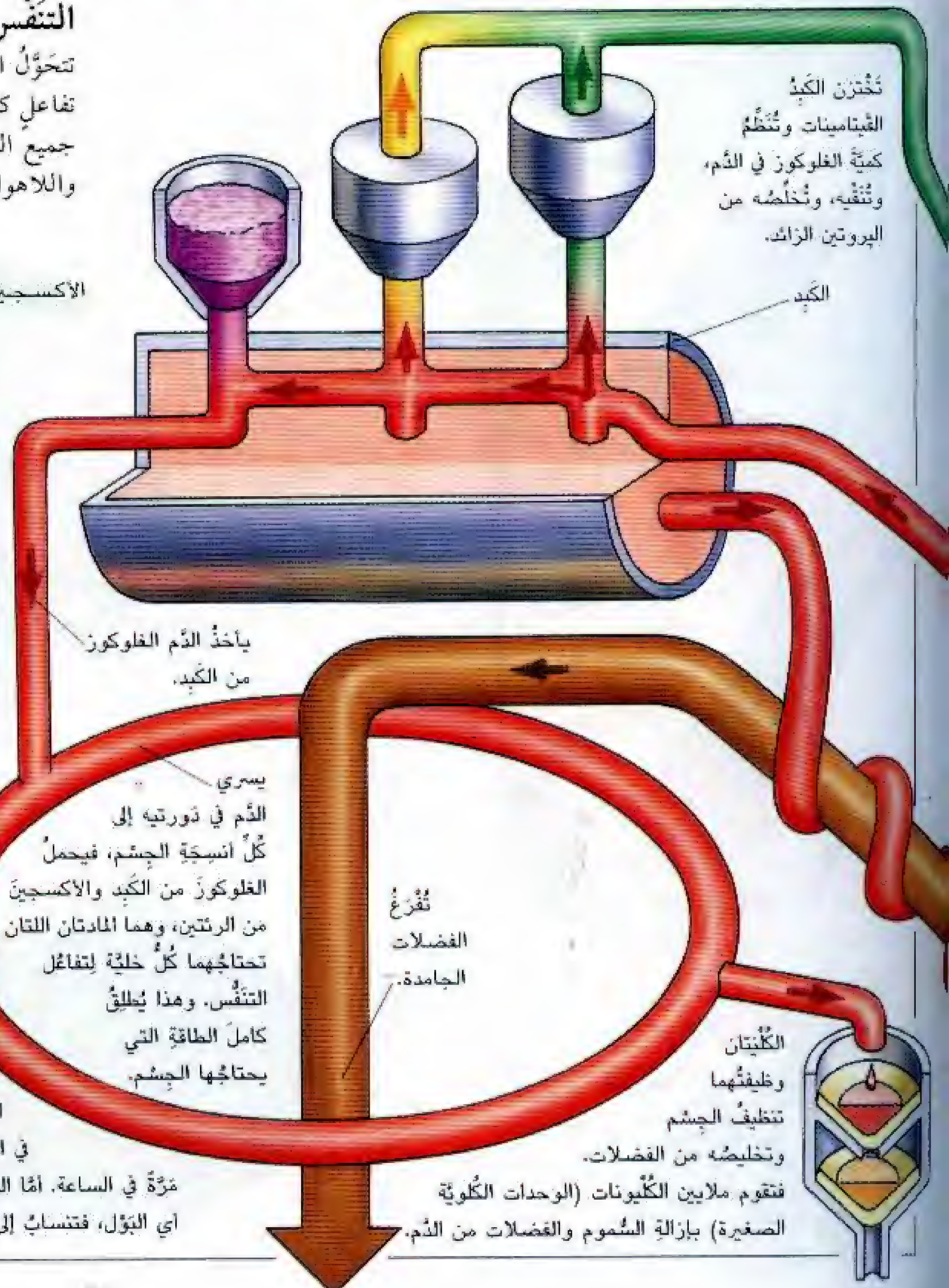
الأكسجين + غلوكوز → ثاني أكسيد الكربون + ماء + طاقة

البندقة المشتعلة تُنتجُ حرارةً وطاقةً ضوئية. وهذا التفاعل يشبه التنفُّس الهوائي. ففي كلتا الحالتين، يتحدُّ الطعام مع الأكسجين لابتعاث الطاقة. لكن لا تُطلقُ الطاقة داخل الجسم فجأةً كاللهب، بل تُطلقُ تدرجياً بِشكلٍ كيميائيٍّ.

## التنفُّس اللاهوائي

إذا رَكَضْتَ بِسرعةٍ في سباقٍ ما، فإنَّ عضلاتك تستهلكُ الأكسجينَ بِسرعةٍ أكبرَ ممَّا تستطيعُ رَتَّاكَ تزويده. فتلجأُ خلايا العضل عندئذٍ إلى التنفُّس اللاهوائي لتوفِّرَ لك طاقةً إضافيةً. وهذا التفاعل لا يتطلَّبُ الأكسجين، لكنَّهُ يُنتِجُ طاقةً أقلَّ مع حامض اللبَّن.

غلوكوز + حامض اللبَّن + طاقة  
يُسبِّبُ حامضُ اللبَّنُ أَلماً وتَشَنُّجاً في العضلات. لذا يأخذُ الرياضيونُ أنفاساً عميقةً في نهاية السباق لإستعادة المدِّ الكافي من الأكسجين وللتخلُّص من حامض اللبَّن.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الحفازات ص ٥٦
- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- الهضم ص ٣٤٥
- التنفُّس الخلوي ص ٣٤٦
- الدَّم ص ٣٤٨
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠



# كيمياء الأغذية

لعلَّ عددَ الكيماوياتِ في طعامٍ تأكله يفوقُ ما يُمكنُ أن تجدهُ في مُختبرٍ. والكثيرُ من هذه الكيماوياتِ ضروريٌّ للحياة كالبروتينات والكربوهيدرات والألياف والدهون والفيتامينات والمعادن والماء؛ وجميعُها من أساسيات الغذاء الصحي. هنالك أيضًا كيماوياتٌ مُنكّهةٌ للطعام وأخرى أزيدُ تلَوْنه. ويُقدّر العلماءُ أنَّ المادة الزيتية في قشرة البرتقالة وحدها تحوي قرابة ٥٠ مركبًا كيماويًا مُختلفًا. عند طهي الطعام، تحدث تفاعلاتٌ تُغيّرُ من طبيعة تلك الكيماويات. والواقع أنَّ في الطبخ والكيمياء أمورًا عديدةً مُشتركة؛ فالكثيرُ من العمليات المُستخدمة في كليهما كالتسخين والمزج والترشيح عملياتٌ مُتماثلة.



## البيتزا الكيماوية

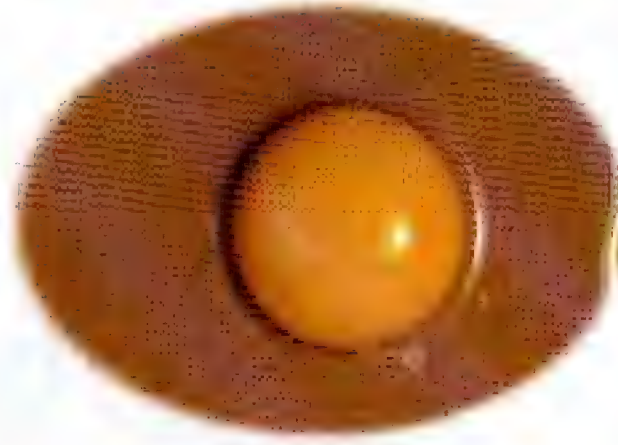
البيتزا في حقيقتها صحفٌ من الكيماويات مُعظمها من المُغذيات المفيدة. والمئات من الكيماويات المُختلفة في البيتزا ذات صيغ مُعقدة جدًّا. أنظر مثلاً صيغة التركيب المُعقدة، أعلاه، التي تُكسب عُشبة المرْدَقُوش نكهتها المُميّزة.



## اختبار (الكشف عن) البروتين

يُختبرُ العلماءُ الطعامَ للكشف عن وجود البروتينات بهرّس عينة منه في الماء وإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المُخفّف مُتبعًا ببضعة قطرات من محلول كبريتات النحاس. فإن تغيّر لون المحلول من الأزرق الفاتح إلى الأرجواني الشاحب دلّ ذلك على وجود البروتين في الطعام.

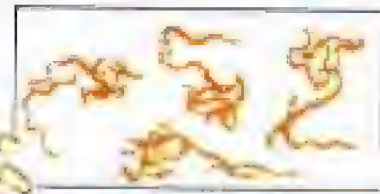
البروتين غير موجود



سلاسل البروتين في بيضة نيئة بيّنة مُنظمة اللولبة.



بالتسخين تبدأ سلاسل البروتين بالإنجذاب.



البروتين موجود

وبإنجذابها تتناشب السلاسل بعضها مع بعض فتكوّن شبكة جامدة.



## اختبار (الكشف عن) الدهون

جزيئات الدهون ضخمة تحوي الكربون والهيدروجين والأكسجين. وتتوافر الدهون في بعض الأغذية كالزبد والمُسْتَق والزُبْد. ويمكنُ الكشف عن الدهن في عينة غذائية برّجها في الإيثانول الذي يُذيب الدهن ويبقى محلولًا صافيًا. ثم يُصب هذا المحلول في أنبوب اختبار يحوي القليل من الماء. وحيث إن الدهون لا تذوب في الماء فإن الماء يتربّد بفطريات الدهن الصغيرة إذا احتوت العينة.

الدهن غير موجود



الدهن موجود

## البروتينات

البروتينات كيماويات بانية للأنسجة الحية تتوافر في عديد من الأغذية كالبيض واللحم والجوّز واللبن والبقول. وهي تتألف من ذرات الكربون والنشوجين والكبريت والأكسجين والهيدروجين. وتتضام بعض الجزيئات البروتينية في سلاسل لولبية طويلة. فإذا طهوت بيضة مثلاً، تبدأ جزيئات البروتين بالتحلل من سلاسلها، ثم تتناشب بعضها مع بعض في شبكة جامدة؛ وهكذا يصير آخ البيضة البروتيني جامدًا عند القلي أو السلق.

## المعادن

المعادن موادّ لا عضوية، الكميات القليلة من بعضها ضرورية في وجباتنا. هذه المعادن الحاوية لعناصر الكالسيوم والحديد والبوتاسيوم والمغنسيوم يُذيبها الماء من التربة، فتتمتصها جذور النباتات النامية في التربة. وحين نأكل تلك النباتات فإننا نزوّد أيضًا بما تحتويه من معادن.



## كيماويات البصل

لماذا تدمع عيناك عند تقطيع البصل؟ السبب هو أن البصل يحوي بعض المركبات الكبريتية الغريبة التي تتفاعل مع أكسجين الهواء لتكوّن كيماويات حادة الرائحة تسيل الدمع من العينين. وقد اكتشف العلماء مؤخرًا أنَّ مثل هذه المركبات الكبريتية قد تُفيد في معالجة الربو.



## الفيتامينات

الفيتامينات مجموعة متنوعة من المواد العضوية ضرورية جدًا، بكميات ضئيلة، لسلامة النمو وصحة الجسم والعقل. وهي متوفرة في العديد من الأغذية كالحمضيات (فيتامين ج) والخضار (فيتامين أ و ك) والجزر (فيتامين أ) وخبز الدقيق بأكمله (فيتامين ب) والسّمك (فيتامين د).

فيتامين ج  
غير موجود

### الحفظ بالليمون الحامض

الفواكه المقطعة حديثًا، كالنّخاع والموز، تسمّر بتعرضها للهواء نتيجة لتفاعل كيميائياتها مع الأكسجين. ويسرع هذا التفاعل أنزيم في الفاكهة نفسها. ولما كانت الأنزيمات حساسة جدًا لتغيرات الحمضية، فإن تفاعل الإسمرار يمكن تبطئته بإضافة عصير الليمون إلى الفاكهة المقطعة حديثًا.

فيتامين ج  
موجود

### اختيار روتر لفيتامين ج

اختيار روتر يعتمد على إزالة زُرقة كاشفه (ثاني كلور الفينول إندو فينول). فإذا حصل هذا التغير بإضافة عينة من الطعام (مهروسة في الماء) إلى الصّنع المذكور، يكون الفيتامين ج موجودًا في الطعام.

### السكّريات

خلاوة المُرّيات والكعك ناجمة عن السكّريات المختلفة. وهي كيميائيات تتألف من الكربون والهيدروجين والأكسجين. أبسط أنواع السكّريات هو الغلوكوز، وصيغته الكيميائية  $C_6H_{12}O_6$ . ومن السكّريات البسيطة أيضًا اللكتوز (سكر اللبن) والفركتوز (سكر الفاكهة). ولم يعد السكر اليوم مادة للمطبخ فقط، فقد بدأ الكيميائيون الصناعيون يحولونه إلى كيميائيات صناعية تُستخدم في صنّع الدهانات والمنظفات.

السكر غير  
موجود

السكر  
موجود

### كرملة (أو تعصيد) السكر

عند إحماء السكر تبدأ جزيئاته بالتفكك وينطلق منها الماء. فإذا استمرّ الإحماء يتكامل السكر ليصبح عصيدًا لزجًا مُسمّرًا. وتستخدم الكرميلات في تلوين الخلّ والصلصات وبعض المأكولات (مخروقة) الأخرى.

### اختيار (الكشف عن) السكر

يمكن الكشف عن السكر في الطعام بهرس عينة منه في الماء وإضافة قليل من محلول بيديكت الأزرق إليها. فإذا تغير اللون إلى بُرقالي مُسمّر عند إحماء المزيج، يكون السكر موجودًا في الطعام.

مأكولات  
سكرية

## حفظ الأغذية

تفسد الأغذية الطازجة، كالسّمك، بسرعة إذا تركت مُعرّضة للهواء، لأنّ المكروبات (الجراثيم) المؤذية تبدأ بالتكاثر فيها وعليها. ويمكن حفظ الأغذية بقتل تلك المكروبات أو تثبيط نموها بإحدى الوسائل المعروفة التالية: التجميد، التملح، التدخين أو التخليل. أما إبادة كلّ الجراثيم في الطعام فتتمّ بإحدى طريقتين: التسخين (حوالي ١٦٠°س) أو التّشعيع.



تُدخّن الأسماك

فوق نار الحطب. فحرارة النار وكيميائيات الدخان تثبّط وتُبطئ تنامي المكروبات. كما يُضفي التدخين نكهة على الطعام ويُغيّر أديفه.

### اختيار (الكشف عن) النشا

يمكن الكشف عن النشا بهرس عينة من الطعام في الماء وإضافة بضع قطرات من محلول اليود. فإذا تحول اللون إلى زُرقة مُسوّدة يكون النشا موجودًا في الطعام.

النشا غير  
موجود

النشا  
موجود

المعكرونة  
والبطاطا والأرز  
جميعها تحوي  
النشا.

حبّيات النشا، في  
الماء، مُكبّرة ٦٠ مرة.

### النشا

المأكولات النشوية، كالخبز والبطاطا والأرز والمعكرونة تتألف من جزيئات سكرية مترابطة معًا في سلاسل طويلة - فالنشا والسكر هما من الكربوهيدرات. يُضاف نشا الطحين لتغليظ الصلصات والمرق؛ فعند تسخين حبّيات النشا في الماء، يدخلها بعض الماء فيُباعد بين جزيئات النشا المنفردة - فتتفكّح الحبّيات حتى تنفجر ناشرة جزيئات النشا في السائل المحيط فينغلظ.

### سموم المأكولات

تحتوي بعض المأكولات طبيعيًا كمّيات قليلة من السموم - تُمرض إذا ما أخذت بجرعات كبيرة. فالموز يحوي مادة كيميائية قد تسبّب الهلوسة. والبطاطا الخضراء تحوي السولانين وهو سم يُسبّب ألم المعدة. ويحوي الجبن النضيج مادة التيرامين الوثيقة العلاقة بهرمون الأدرينالين في أجسامنا، فتؤثّر في سرعة النبض وتُسبّب الكوابيس.



#### لمزيد من المعلومات انظر

- الكيمياء العضوية ص ٤١
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- الاختبار ص ٨٠
- صناعة الأغذية ص ٩٢
- الغذاء ص ٣٤٢
- الإغذاء ص ٣٤٣



# الإِخْتِمَار

عُرِفَ الإِخْتِمَارُ منذ آلاف السنين في صُنْعِ الخُبْزِ واللَّبَنِ الرائب والجِعة والنَّبِيذ. واليوم، إضافةً إلى استخدامه في صُنْعِ الأغذية والمشروبات الكحولية يُستخدم الإِخْتِمَارُ في صُنْعِ الأدوية كالبنسلين، والكيمائيات كالميثانول وحامض الستريك. والإِخْتِمَارُ عملية كيميائية تقوم بها مَتَعَضِّياتٌ مجهرية تدعى الخَمَائِر، وهي تنمو بتحويل سُكَّرِ الأغذية، وخاصة سُكَّرِ الفواكه والحبوب، إلى كحول وثنائي أكسيد الكربون. ويَحْتَمِلُ أَنَّ اكْتِشَافَ الإِخْتِمَارِ كان صدفةً في فواكة أو حبوبٍ اختزنَتْ في أوعيةٍ مَقْفَلَةٍ. والخمائرُ هي من المِكَرُوباتِ المُفِيدَةِ المأمونة المستخدمة على نطاقٍ واسع. وهي كغيرها من المِكَرُوباتِ قادرةٌ على العيش في كُلِّ مكانٍ تقريباً. لكنَّ لِسَتْ كُلِّ المِكَرُوباتِ صالحةً للأكل - فالكثيرُ منها مُؤدٍّ وسامٌ.

## صُنْعُ الخُبْزِ

الخميرة هي أحدُ مَقَوِّمَاتِ الخُبْزِ. فبعدَ عملية العجن يوضعُ العجينُ في مكانٍ دافئ، حيثُ تنتنسُ الخميرة الأكسجينَ هوائياً، مُغْتَذِيَةً بالسُّكَّرَاتِ - مَفْتَكَةً إِيَّاهَا إلى ماءٍ وغازٍ ثاني أكسيد الكربون يتنفخُ به العجين. وعندَ الخَبْزِ تَقْتُلُ الخميرةُ ويتمدُّ ثاني أكسيد الكربون وبُخَارُ الماءِ فيَكْسِبَا الخُبْزَ نَسْجَةً إسفنجيةً. أما الخُبْزُ المُخَصَّرُ من عجينٍ بلا خميرة فلا يَتَنَفِّخُ بالخَبْزِ ويُدعى فَطِيرًا.



يُحَدِّدُ بعضُ  
البروتينات في  
الطحين، بعد  
إضافة الماء  
وعجن العجين،  
مُكَوَّنَاتِ شَبَكَةٍ قَوِيَّةٍ  
ومطاطة من  
الجزيئات.

## الإِخْتِمَارُ الأوَّلُ

كَانَ المِصْرِيُّونَ القِدَمَاءُ أوَّلَ من صَنَعَ الخُبْزَ الخمير منذ ٥٠٠٠ سنة. وكانوا يحتفظون دوماً ببعض العجينة المخمرة ليضيفوها إلى العجينة التالية لِتَخْمِيرِهَا. ولا يزالُ أَهْلُ الأريافِ يستخدمون الوسيلة نفسها في تخمير عجائنهم.



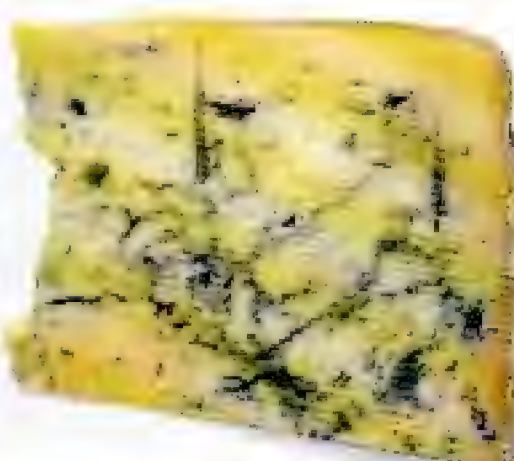
## الكُحُولُ

في ظروف التهوية العادية تَتَبَّحُ الخمائرُ الماءَ وثنائي أكسيد الكربون بالتَّنَفُّسِ الهوائي (كما في صُنْعِ الخُبْزِ). أمَّا في ظروف انعدام التهوية فإنَّها تلجأُ إلى التَّنَفُّسِ اللاهوائي مُنتِجَةً الكُحُولَ وثنائي أكسيد الكربون. لذا تُخَمَّرُ المشروباتُ الكحولية في أوعيةٍ مَقْفَلَةٍ. والمعروفُ أنَّه عندما ترتفعُ نِسْبَةُ الكحول في المحلول إلى قُرابة ١٤٪، تتسَمُّ الخمائرُ ويتوقف التخمر. وهكذا لا يمكنُ صُنْعُ مشروباتٍ كحوليةٍ يزيدُ محتواها من الكحول على ١٤٪ بطريقة الإِخْتِمَارِ فقط.

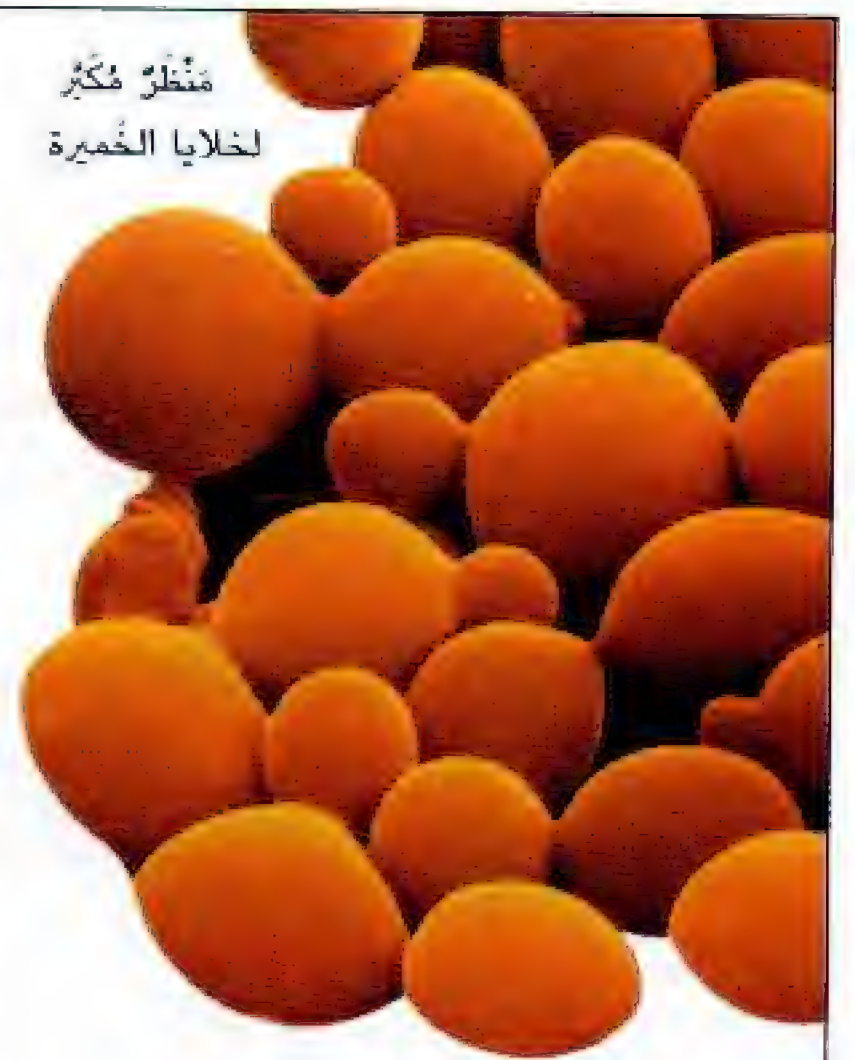


## الجُبْنُ الأزرق

يُضَافُ نوعٌ خاصٌّ من عَفَنِ البنسلين إلى الجُبْنِ الأزرق ليكسبه لونه وطعمه المميَّز. وخلال عملية نُضْجِ الجُبْنِ تُحَدِّثُ فيه ثُقُوبٌ صغيرة، يَإْبِرُ من الفولاذ الذي لا يصدأ، لِضَمَانِ وُجُودِ كَمِيَّةٍ كافيةٍ من الأكسجين لِنُموِّ العَفْنِ.



مَنْظَرٌ مُكَبَّرٌ  
لخلايا الخميرة



الخمائر مُتَعَضِّياتٌ مجهرية، تنمو على سُطُوحِ الفواكه الخارجية كالعنب والتفاح وتغذي بالسُّكَّرَاتِ، وتنقسم خلايا الخميرة بسرعة أثناء اغتذائها.



تُحَوَّلُ الخميرةُ السُّكَّرُ إلى كحول يبقى في القارورة وغازٍ هو ثاني أكسيد الكربون.

## الخميرة

إذا تُرِكَ مزيجٌ من الخميرة والسُّكَّرِ والماء الدَّفِيءِ جانباً، تظهرُ فقائِعُ من الغاز عند اعتِمَالِ الخميرة. وإذا أُمِرَ هذا الغازُ في ماء الجير (محلول الكالسيوم في الماء)، يَرَبْدُ ماء الجير الصافي بتكوُّنِ كربونات الكالسيوم غير الذَّوَابَةِ في الماء. وهذا بُرْهَانٌ على أَنَّ الغازَ هو ثاني أكسيد الكربون. إنَّ تَنَفُّسَ الخمائر هو تَنَفُّسٌ لاهوائي - يعني أَنَّها تغتذي بالسُّكَّرِ مُباشرةً - مُحوَّلةً إِيَّاهُ إلى كُحُولٍ، يبقى في القارورة، وغازٍ هو ثاني أكسيد الكربون.



المُلبَّنَاتُ مُكَبَّرَةٌ.

## اللَّبَنِ الرَّائِبُ

يُخَصَّرُ اللَّبَنِ الرَّائِبُ بإضافة بكتيريا مُعَيَّنَةٍ (المُلبَّنَات) إلى اللَّبَنِ وتركه يَخْتَمِرُ لاهوائياً. فتتكاثر البكتيريا وتُغَلِّظُ اللَّبَنَ خافضةً مُحتوى السُّكَّرِ فيه بتحويل سُكَّرِ اللَّبَنِ (اللاكتوز) إلى حامض اللَّبْنِيك. لذا فإنَّ طَعْمَ اللَّبَنِ الرَّائِبِ الطبيعي حَذِيقٌ.

## لمزيد من المعلومات انظُر

- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- المُتَعَضِّياتُ الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- الفطريات ص ٣١٥
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦



# المواد

تخيل أنك تتجول جِذاءً من الخرسانة أو تركب دراجة من الزجاج! إن ذلك عسيرٌ وخطِرٌ حقًا. هاتان مادّتان فقط من المواد الكثيرة التي نستخدمها في حياتنا اليومية - لكن طبعًا ليس للمشي ولا لصنع الدراجات! إن معظم ما يُحيط بنا من مواد هي موادٌ مُحَوَّلَةٌ عمّا كانت عليه في حالتها الطبيعيّة، التي هي أصلًا موادٌ من الأرض أو الماء أو حتى من الهواء. فالعمليات الكيماوية تُحوّل المواد الخام هذه إلى مواد ذات خصائص مُعيّنة يتسنى لنا استخدامها. فموادٌ ملبسنا، مثلًا، مُصنّعة من أليافٍ ليّنة مطاطيّة مقاومة للحرّ تجعلها مريحة ومتينة.

## موادٌ مُستخدمة في لعبة التنس

تتلاءم جميع المواد المُستخدمة في لعبة التنس تمامًا مع وظيفة كلٍّ منها. فالمضارب متينة التصميم قويّة كي تتمكّن من صدّ الكرات المُنتلفة بسرعة فائقة، والكرات مصنّعة من موادّ متينة مرّنة لا يُمرّقها الارتطام بالمضرب أو بأرض الملعب. كذلك فإنّ أحذية التنس وأرض الملعب مُعالّجة ومصمّمة لمقاومة الحرّ أو البري الناتج عن تراكب اللاعبين في طول الملعب وغرضه.

## الفخاريّات

منذ حوالي ٧٠٠٠ سنة، اكتشف الناس إمكانية تحويل الطين بالإحماء إلى مادة صلبة قصيفة. فيشكيلهم الطين قبل الشّي، استطاعوا صنع القصعات والأكواب والجرار لحفظ طعامهم وشرابهم. فكان الفخار (أو الطين النضيج) أحد أوّل المواد التي صنعها الإنسان.



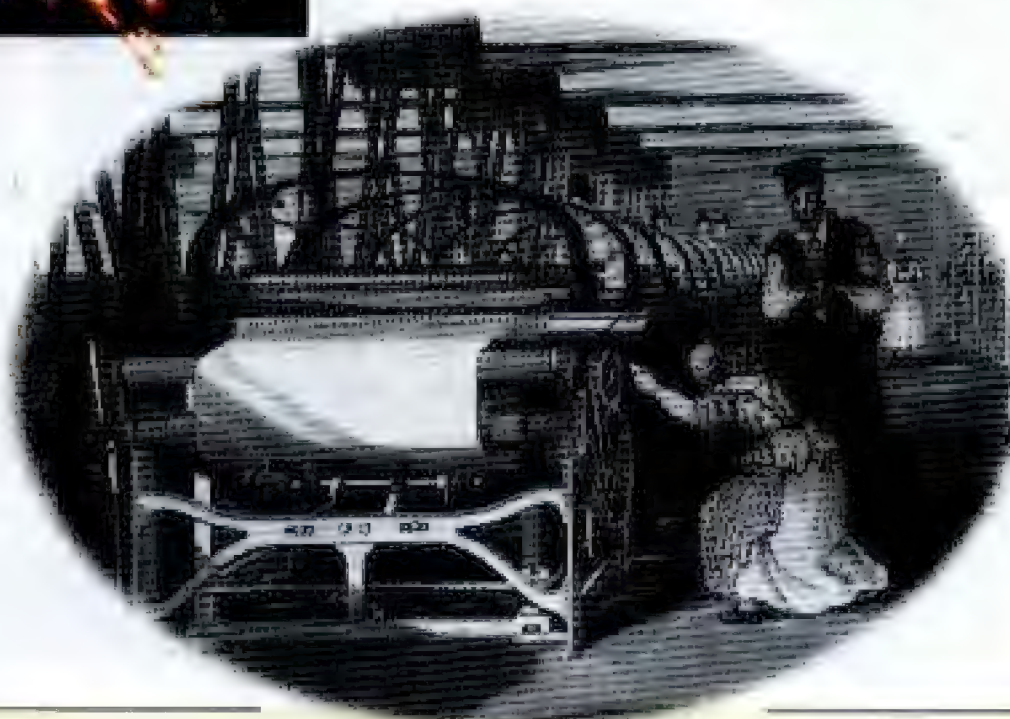
## استخراج الحديد

منذ ٣٥٠٠ سنة اكتشف الحيثيون، سُكان ما يُعرف اليوم باسم تركيا كيفية استخراج الحديد. وتلخّص سرُّ طريقتهم بإحماء خامات الحديد مع قُحم الخشب المُحترق، فيحصلون على المعدن (الحديد المطاوع) بلّونة تسمح بتطريقه غُدًّا وأسلحة.



## مكثنة صناعة القماش

منذ عام ٨٠٠٠ ق.م. عرف الناس غزل الألياف الطبيعيّة وحياتها بشكلٍ أو بآخر لصنع القماش. وفي أواخر القرن الثامن عشر، اخترع الأوروبيون مكثبات للغزل والحياكة تعمل بالقدرة البخاريّة.



تُصنّع قُبعة الرياضة من القطن، فتبقى مِهْوَلةً باردة.

النظارات الشمسيّة المصنوعة من الكيماويّات النفطية خفيفة ومأمونة الاستعمال.

يُصنّع إطار مضرب التنس من لدينة تحوي الغرافيت ومقبض مُغطى بالجلد الاصطناعي، وأوتار لدائنيّة مُصنّعة.

تُصنّع جوارب الرياضة من الألياف الطبيعيّة لحفظ القدمين مِهْوَلةً باردة.

الخشب، مادّة طبيعيّة صلبة تُنخّذ من الأشجار.

تُصنّع ملابس الرياضة من موادّ قويّة ومُريحة كالقطن والبوليستر والنيلون.

يتألّف الورق من ألياف طبيعيّة مُصدرها الأشجار.

## من الحديد إلى الفولاذ

لم يكن صُنّاع المعادن الأوائل يجهلون أنّ الكربون يُصلّد الحديد. عام ١٧٤٠، ابتكر المعادني البريطاني، بنجامن هنشمان، طريقة لضبط كمّيّة الكربون المناسبة لإنتاج معدن مُتميّز قوي من الحديد يدعى الفولاذ. ويُستخدم الفولاذ الآن في تصنيع سبائك لا حصر لها من المُنتجات من الإبر إلى هياكل السيّارات.

تُصنّع أحذية الرياضة من الجلد أو القماش المتين وتجهرّ بفعال مطاطيّة مرّنة.



## عصر اللدائن

في الخمسينيات من القرن التاسع عشر، صنع الكيماوي البريطاني، ألكسندر باركس، أوّل مادّة لدائنيّة. واليوم تصنّع اللدائن المختلفة من الكيماويّات النفطية، وتستخدم في صناعة اللّعب والكثير من المُنتجات المنزليّة كالكراسي والغلب والأطباق وغيرها.



# صناعة الكيماويات

المواد المصنعة كيماوياً تُحيط بنا حيثما نكون، بل إن بعضها يتواجد في داخلنا أيضاً. ويتفاوت مدى هذه المواد الشاسع من دهانات السيارات إلى مختلف أنواع المأكولات. وتُصنع كل مادة أو مجموعة مواد في وحدة صناعية خاصة؛ فتعالج المواد الخام، كالمعادن والنفط والماء والفحم والغاز وكثير سواها، بتفاعلات كيماوية تحولها إلى مواد مفيدة تُنقل إلى مختلف أقطار العالم ليستخدمها الناس ويتعموا بفوائدها. والمنشآت الصناعية الكيماوية هذه عالية التكلفة بناءً وتشغيلًا؛ وهي تشكّل إحدى أكبر الصناعات في العالم، وتستهدف تقديم مصنوعات المفيدة والمتنوعة بأسعار في متناول الجميع.



## في خط الأنابيب

تُنقل الأنابيب المتمايزة الألوان السوائل والغازات الكيماوية والبخار والماء المُبرّد إلى مختلف أنحاء المصنع الحديث.

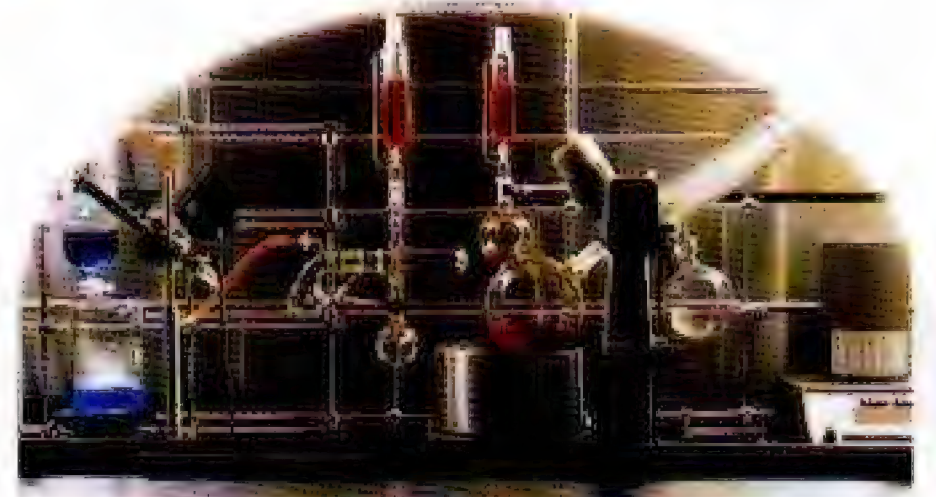
يُخزّن فائض من المواد الخام قرب المصنع.

تأكل الأبقار كُرَيَّات مُصنّعة من ثفايات الطعام السليمة.

يُعاد تدوير بعض الفضلات والثفايات لتصنيع منتجات أخرى.

مركب لنقل المواد

قرب الموقع من طرق المواصلات البرية والنهرية ضروري ليشحن المواد بسرعة وفعالية.



## نموذج مُصغّر

قبل بناء المصنع الكيماوي، يُصمّم له نموذج مُصغّر اختياري، وتمرر الكيماويات في أجهزته الرّجائية لمراقبة مختلف مراحل العملية وأجهزتها، والتأكد من سلامتها وصلاحياتها. وحين يتأكد للعلماء ذلك يُصار إلى تشييد المصنع بالحجم الحقيقي.



## من النموذج إلى الأصل

عندما تنجح تجارب النموذج المصغّر، ويتمّ تقصي إمكانية إنتاج المادة المطلوبة بتكلفة زهيدة، يُكبر قياس تجهيزات النموذج وعمليّاته لإنشاء المصنع الحقيقي.



## موقع المصنع

يجب أن تتوافر احتياجات المصنع من مواد خام وطاقه وماء على مقربة من موقعه ليعمل بفعالية. ويُراعى في اختيار الموقع أيضاً توافر سبل النقل والمواصلات القليلة التكلفة لتصريف المُنتجات. أما الثفايات والفضلات فينبغي تصريفها بعناية بالغة - فقد يُباع بعضها لإعادة التدوير وتُصنع مواد مفيدة أخرى؛ وما لا يصلح منها للبيع يُعالج لتلافي ضرره وأخطاره.

## السّلامة العامّة

التفاعلات الكيماوية قد تُنتج أدخنة سامّة أو تُسبّب حرائق وانفجارات، وللوقاية من هذه الأخطار تُجهّز المصانع بمعدات الأمان وأنظمة الإنذار، ويؤدّد العاملون بالملاص الوقاية وتعليمات التصرف السليم في حالات الطوارئ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- الماء - معالجة وصناعاته ص ٨٣
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- مصادر الطّاقة ص ١٣٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



## الماء - مُعَالَجَتُهُ وَصِنَاعَاتُهُ

يَسْتَطِيعُ الْإِنْسَانُ الْعِيشَ بِدُونِ مَاءٍ قُرَابَةَ سِتَّةِ أَيَّامٍ، لَكِنَّ الصَّنَاعَاتِ فِي مُعْظَمِهَا تَتَوَقَّفُ فَوْرًا عَنْ الْعَمَلِ بِدُونِهِ. فَالصَّنَاعَةُ بِحَاجَةٍ إِلَى كَمِّيَّاتٍ كَبِيرَةٍ مِنَ الْمَاءِ لِتَصْنِيعِ كُلِّ مَا نَسْتَخْدُمُهُ تَقْرِيبًا مِنْ مَوَادِّ. فَفِي كُلِّ يَوْمٍ، نَسْتَهْلِكُ الصَّنَاعَاتُ فِي الْعَالَمِ مِنَ الْمَاءِ أَرْبَعَةَ أَضْعَافٍ مَا يَسْتَهْلِكُهُ جَمِيعُ النَّاسِ فِي مَنَازِلِهِمْ. الْمَطَرُ هُوَ الْمَصْدَرُ الرَّئِيسِيُّ لِكُلِّ هَذِهِ الْمِيَاهِ، لَكِنْ يَجِبُ تَنْقِيَتُهَا قَبْلَ الْإِسْتِعْمَالِ. فَالْمَطَرُ الْمَتَسَاقِطُ عَلَى الْأَرْضِ يَنْسَابُ فِي جُدَاوِلَ وَأَنْهَارٍ، أَوْ يَغُورُ فِي الْأَرْضِ إِلَى الطَّبَقَاتِ الصَّخْرِيَّةِ. وَهَكَذَا، يَلْتَقِطُ الْمَاءُ، فِي مَسَارَاتِهِ الْمُخْتَلِفَةِ، جُسَيْمَاتٍ صَغِيرَةً مِنَ الصَّخْرِ أَوْ بِكَثَرٍ مِنَ التُّرْبَةِ أَوْ كِيمَاوِيَّاتٍ مُذَابَةٍ مِنْ أَيِّمَا شَيْءٍ تَقْرِيبًا يَمُرُّ بِهِ أَوْ فَوْقَهُ.



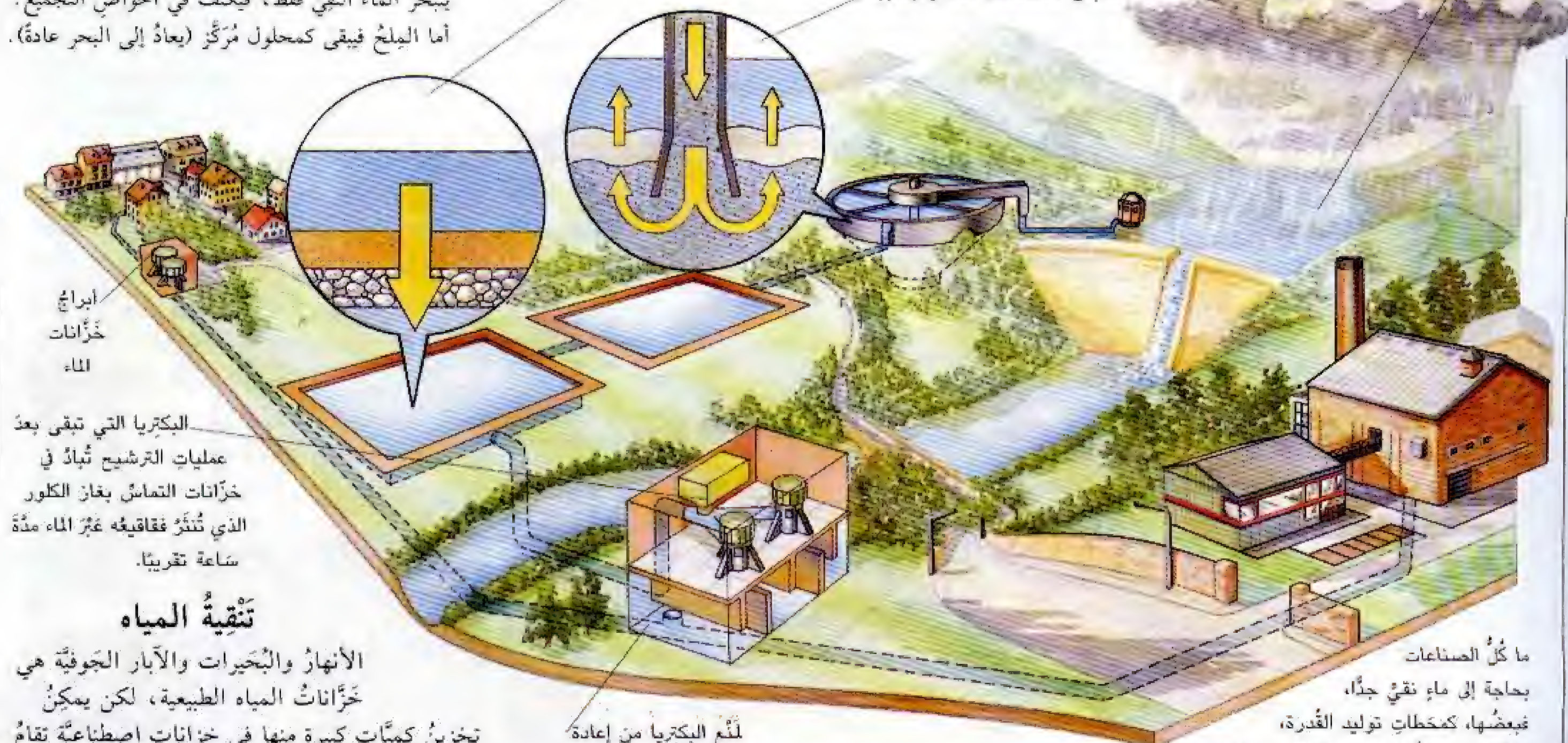
### إِزَالَةُ الْمُلُوحَةِ (التَّحْلِيَةِ)

في بعض مناطق العالم حيث تسح الأمطار (كما في  
مِنطقة الشرق الأوسط) يحصل الناس على الماء من  
البحر بالتحلية. فبإحماء ماء البحر تحت ضغط خفيض،  
يتبخر الماء النقي فقط، فيُكثف في أحواض التجميع.  
أما الملح فيبقى كمحلول مُركّز (يعاد إلى البحر عادة).

يَمُرُّ الْمَاءُ عِبْرَ طَبَقَاتٍ مِنْ  
الرُّمْلِ وَالْخَصْيِ، تَحْتَبِسُ مَا بِهِ  
مِنْ أَوْسَاجٍ.

في المرشح الكيماوي يُضاف الشَّب (كبريتات  
الألومنيوم) والجير (هيدروكسيد الكالسيوم)؛  
فيتتجان مادة لزجة (هي هيدروكسيد الألومنيوم)  
تحتسب شتعلقات الماء وترسبها.

يُخْتَجَرُ الْمَاءُ خَلْفَ سَدِّ التَّجْمِيعِ.



ما كُلُّ الصناعات  
بحاجة إلى ماءٍ نقيٍّ جدًا،  
فبعضها، كمحطات توليد القدرة،  
يمكنها استعمال المياه غير النقية من الأنهار  
أو من البحر مباشرة.

## استخدام الماء في الصناعة

تُستخدَمُ الصناعةُ كمِّياتَ كبيرةً من المياه لِتبريدِ الأفرانِ حيثُ تجري العملياتُ الكيماويَّةُ المطبَّقةُ للحرارة، أو لِتوفيرِ الوَسَطِ المناسبِ لحدوثِ شتى التفاعلات، أو في توليدِ البخارِ لإدارةِ مضخَّةٍ أو مُولِّدٍ كهربائي. والماءُ كذلك مُذيبٌ فعَّالٌ لكثيرٍ من الموادِّ، مُحوِّلاً إليها إلى محاليلٍ مُخفَّفةٍ سهلةِ المُتناوُلِ؛ كما يُستخدَمُ لِتنظيفِ الموادِّ والمعداتِ والموقعِ.

شراب الليمون دوش فولاذ سيّارة

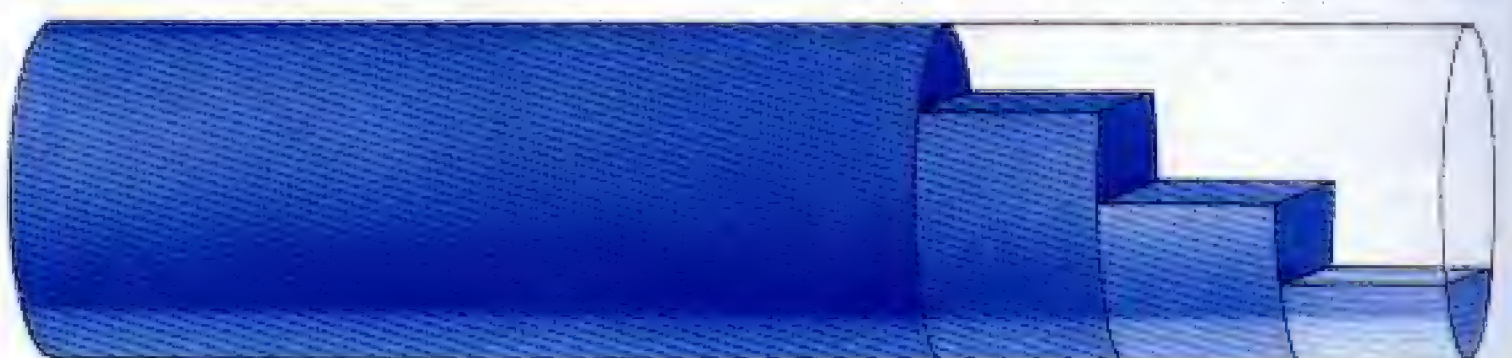


لنَّعْ البِكْتَرِيَا مِنْ إِعَادَةِ  
تَلَوِيثِ الْمَاءِ، تُتْرَكُ فِيهِ  
مِقَادِيرُ قَلِيلَةٍ مِنَ  
الْكلُورِ عِنْدَمَا يُضَعُّ  
إِلَى الْمَنَازِلِ.

تُستخدَم  
كمية ضخمة  
من الماء في  
صُنْعِه سِتَّارة.

حَقَائِقُ مَائِيَّة

تَصْنِيعُ سَيَّارَةٍ وَاحِدَةٍ يَتَطَلَّبُ ٣٠,٠٠٠ لِيْرًا  
 مِنَ الْمَاءِ، وَيَتَطَلَّبُ تَحْضِيرُ طَنْ وَاحِدٍ مِنَ  
 الْقَوَازِدِ ٤٥٠٠ لِيْرًا. بِالْمُقَارَنَةِ فَإِنَّ الدُّوْشَ  
 يَسْتَهْلِكُ قُرْبَ ٣٥ لِيْرًا مِنَ الْمَاءِ، وَالتَّيْرَ  
 الْوَاحِدَ مِنْ شَرَابِ اللَّيْمُونِ (الْمُرْكُزِ) ٨  
 لِيْرَاتٍ مِنَ الْمَاءِ.



لمزيد من المعلومات انظر

تَغْيِرَاتُ الْحَالَةِ ص ٢٠  
الْمَحَالِيلُ ص ٦٠  
فَضْلُ الْمَزِيجَاتِ ص ٦١  
كَيْمِيَاءُ الْمَاءِ ص ٧٥  
صِنَاعَةُ الْكِيمَاوِيَّاتِ ص ٨٢  
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦



# الحديد والفولاذ (الصُّلب)

لولا الحديد والفولاذ ما كان يتيسر لنا تصنيع السيارات، ولا تشييد المباني الشاهقة ولا إنتاج المكنات التي تصنع لنا تقريباً كل شيء. فالحديد أرخص الفلزات التي نستعملها وأهمها؛ وهو يُستخرج من خاماته الصخرية المختلفة، ثم يحول معظمه إلى فولاذ. والحديد، كالعديد غيره من العناصر نشط كيميائياً، فلا يوجد نقياً في الطبيعة، بل متحداً مع عناصر أخرى بخاصة الأكسجين. في مسابك الصهر، تُحمى خامات الحديد في أفران خاصة مع الحجارة الكلسية وفحم الكوك، الذي يتألف في معظمه من الكربون، فتزال الشوائب من خامات الحديد ويبقى الفلز نقياً تقريباً. وفي عملية تالية يحضر الصُّلب (الفولاذ) من هذا الحديد بضبط كمية الكربون فيه، وأحياناً إضافة كميات قليلة من فلزات أخرى كالكروم والنيكل إليه.



## حديد الصُّب (حديد الزهر)

تحتوي قبة الكابيتول في واشنطن العاصمة ٤٠٠٠ طن من حديد الصُّب. وكانت أجزاؤها المختلفة قد صُبَّت مسبقاً في قوالب خاصة.

## الفرن العالي، فرن السَّفَع

يُستخرج الحديد من خاماته في أفران السَّفَع (أو اللُفْح) يعلو الضخم منها ٦٠ متراً ويُنْتِج ١٠,٠٠٠ طن من الحديد يومياً، عاملاً، دون توقف، على مدى ١٠ سنوات متتالية. في هذا الفرن تُسَفَع المواد الخام، المؤلفة من خامات الحديد والحجارة الكلسية وفحم الكوك، بعصافات الهواء الحار من أسفل الفرن. وبما إن الكربون أنشط فاعلية من الحديد، فإنه يتحد بالأكسجين من خامات الحديد، مبدعاً أكاسيد الكربون، تاركاً فلز الحديد وراءه.

تُنظَّف الغازات  
المُنفلة وتُستخدَم  
ثانية في إحماء هواء  
السَّفَع الساخن.

صمام  
أمان

الفرن مُبَطَّن  
بالطوب المقاوم  
للحرارة.

تُدخل المواد الخام  
عبر صمامين  
جرسين الشكل  
يمنعان انفلات  
الغازات  
الساخنة.

خام الحديد

حجر كلسي

فحم الكوك (المُخَضَّر)  
بإحماء الفحم في  
مُغزِل عن الهواء.

## داخل فرن السَّفَع

تبدأ التفاعلات الكيميائية داخل الفرن عند سَفَع محتوياته بالهواء الحار جداً، فيشتعل الكوك مُولِّداً في البدء ثاني أكسيد الكربون، ثم أول أكسيد الكربون - الذي يَحْتَرِّق أكاسيد الحديد مُنتِجاً فلز الحديد وثاني أكسيد الكربون. وبهذا التفاعل الإحاروي، ترتفع درجات الحرارة داخل الفرن إلى ١٩٠٠°س، فينصهر الحديد ويتجمّع في القاع.

## الحديد تحت المجهر

عند تكبير تُنْفَخ من حديد الصُّب ٢٠٠ مرّة تظهر فيها بلورات الكربون (بالأزرق). أما الخلفية الحمراء المليسة فهي الحديد (ويُدعى الفريت). بلورات الكربون تجعل الحديد قسيفاً.



## الحَبْث

يُضَافُ الحجر  
الكلسي إلى الفرن لأنه  
يَمْتَرِج ويَتحد بالرَّمْل  
والصلصال والحصى في خامات  
الحديد، مُكوِّناً قُضَالَةً، تدعى  
الحَبْث، تطفو فوق المعدن المنصهر.

## الشوائب

تقاوة الحديد المُستخرج من الفرن العالي (فرن السَّفَع) تتراوح بين ٩٠ و ٩٥ في المئة. والشائبة الرئيسية فيه هي الكربون الذي يُنْقَضُ الحديد من الكوك، فيكسبه صلابة تُحد من متانته. لذا يُحوَّل معظم الحديد إلى فولاذ بحوي أقل من ١,٧ في المئة من الكربون.



هنري بيسمر  
الفولاذ أكثر  
أشكال الحديد  
استعمالاً، وقد  
كانت عملية إزالة  
الكربون منه باهظة  
التكلفة. وفي عام ١٨٥٦،

ابتكر المخترع البريطاني، هنري بيسمر (١٨١٣-١٨٩٨)، طريقة رخيصة لإزالة معظم الكربون؛ وذلك بتفث الهواء عبر المعدن المنصهر في مُحَوِّل يحمل اسمه «مُحوِّل بيسمر» فيزيل أكسجين الهواء الكربون منه.

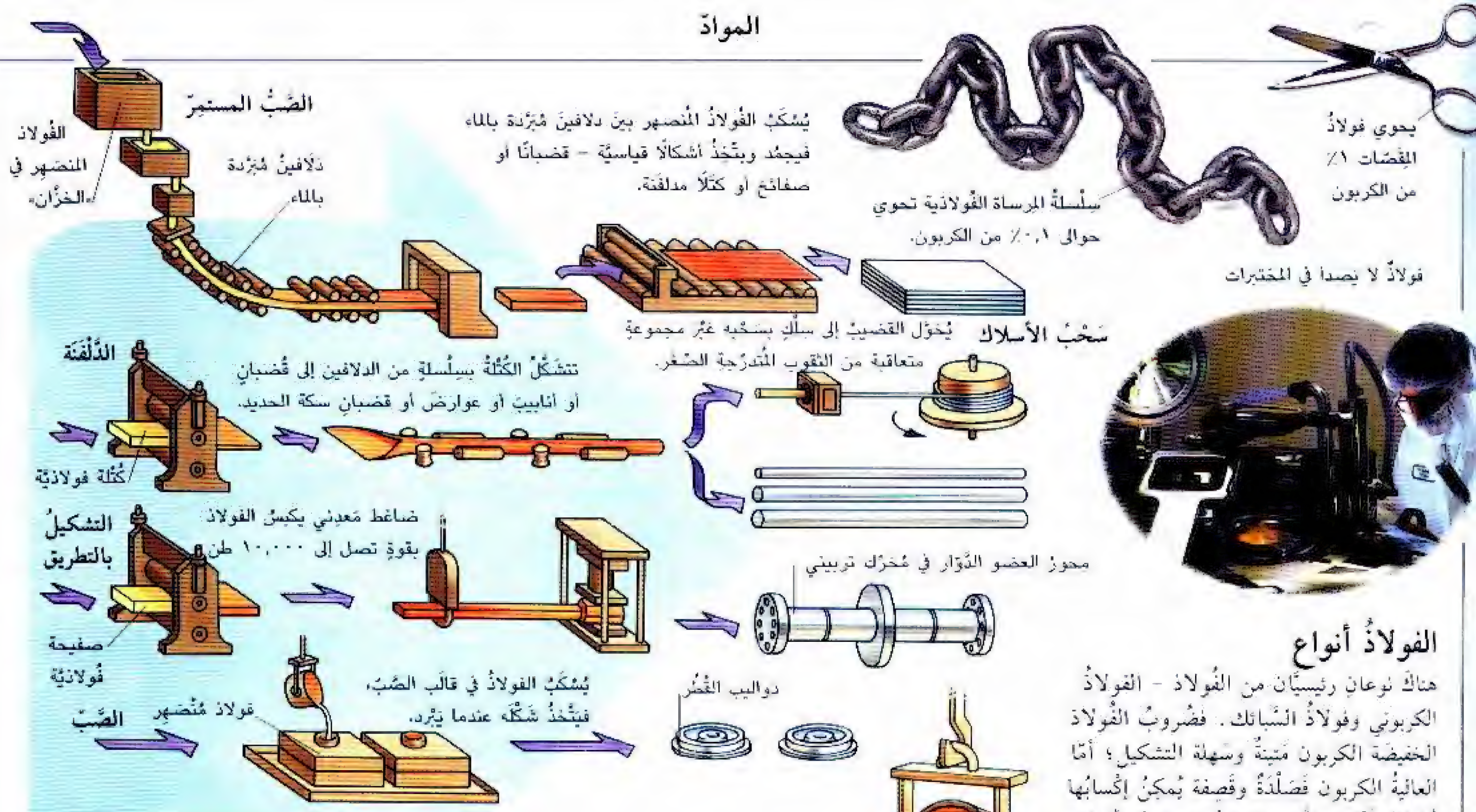
انبوب العُصف خُوِّل  
الفرن يأتيه بهواء السَّفَع  
الحار الذي يكتسب  
الفرن اسمه منه).

مِغْرَفَةٌ لِتَقْل  
الحديد المنصهر

مُخْرَجُ الحَبْث  
المنصهر







## أنواع الفولاذ

هناك نوعان رئيسيان من الفولاذ - الفولاذ الكربوني وفولاذ السبائك. فُضِرَوتُ الفولاذ الخفيفية الكربون متينة وسهلة التشكيل؛ أمّا العائية الكربون فضلدة وقصيفة يمكن إكسابها أطراف قُطع حادة. وتتميز خصائص أنواع فولاد السبائك المختلفة تبعًا لنوع الفلز الذي تُسَابُّ به، ففولاذ الكروم والنيكل هو فولاد لا يصدا صامدًا لِلْحَكِّ والِبَلِي.

## تشكيل الفولاذ

يُشَكَّلُ الفولاذُ بطرقٍ مُتَوَعَةٍ. فبالدلفنة تُضَعَطُ الصَّبِّ الفولاذية وتُمدَّدُ صفائح أو أنابيب أو شرائح. وبالسحب يُشدُّ الفولاذ المدلفن عبر ثقوب متفاوتة القُطْر لِصُنع الأسلاك؛ وبالصَّبِّ يترك الفولاذ في القوالب حتى يَبْرُدَ ويجمد؛ أمّا فولاد الحداثة فيُشَكَّلُ بالطريق على الساخن.

يُصَبَّبُ الحديد المنصهر في القُرن

يُخَفَّرُ الأكسجين في المعين المنصهر.

يَتَّخِذُ الأكسجين مع الكربون في الحديد فيولَدُ أول أكسيد الكربون. وهذا التفاعل يطلق حرارة تُبْقِي الحديد مُنصهرًا.

تُولَدُ حُرَّةُ الفولاذ قُرابة رُبْعِ الفلز المستخدم.

يُزِيلُ الكلسُ بعض الشوائب، كالفسفور، فيتفاعل معها مُكوِّنًا خَبثًا يطفو فوق الفولاذ المنصهر.

## بعد القُرن

يُصَبَّبُ فولادُ المعارف المنصهر في قوالب لِصُنع الصَّبِّ، أو في خزان يَبْرُدُ عملية صَبِّ مُستَمِر. مُعْظَمُ الفولاذ يُعدُّ كَتَلًا بطريقة الصَّبِّ المُستَمِر كونه أرخص وذا نوعية أجود. وهذه الكتل يمكن تشكيلها بعددٍ بالدلفنة أو الطريق أو الصَّبِّ.

صُبِّتَ من الفولاذ

عند اكتمال العملية يَمَلَأُ القُرن لِصَبِّ الفولاذ في أوعية (أو مغارف) السكب، أمّا الخَبثُ فيُزال بِقَالِبِ القُرن رأسًا على عقب.

## القُرنُ الأكسجيني القاعدي

يجري تحويل الحديد إلى فولاد في مُعْظَمِهِ حاليًا في القُرنُ الأكسجيني القاعدي، فيُصَبَّبُ في القُرن مَرِيخٌ من الحديد وحُرَّةُ الفولاذ وتُنَقَّى الأكسجين فيه. فيَتَّخِذُ الأكسجين مع كربون الحديد، مُزِيلًا مُعْظَمَ الكربون من الحديد كأول أكسيد الكربون. إن يَسْقُودَ قُرْنٌ من هذا النوع إنتاج قُرابة ٣٥٠ طنًا من الفولاذ في مدى ٤٠ دقيقة فقط.

## الفولاذ

### تحت المِجْهر

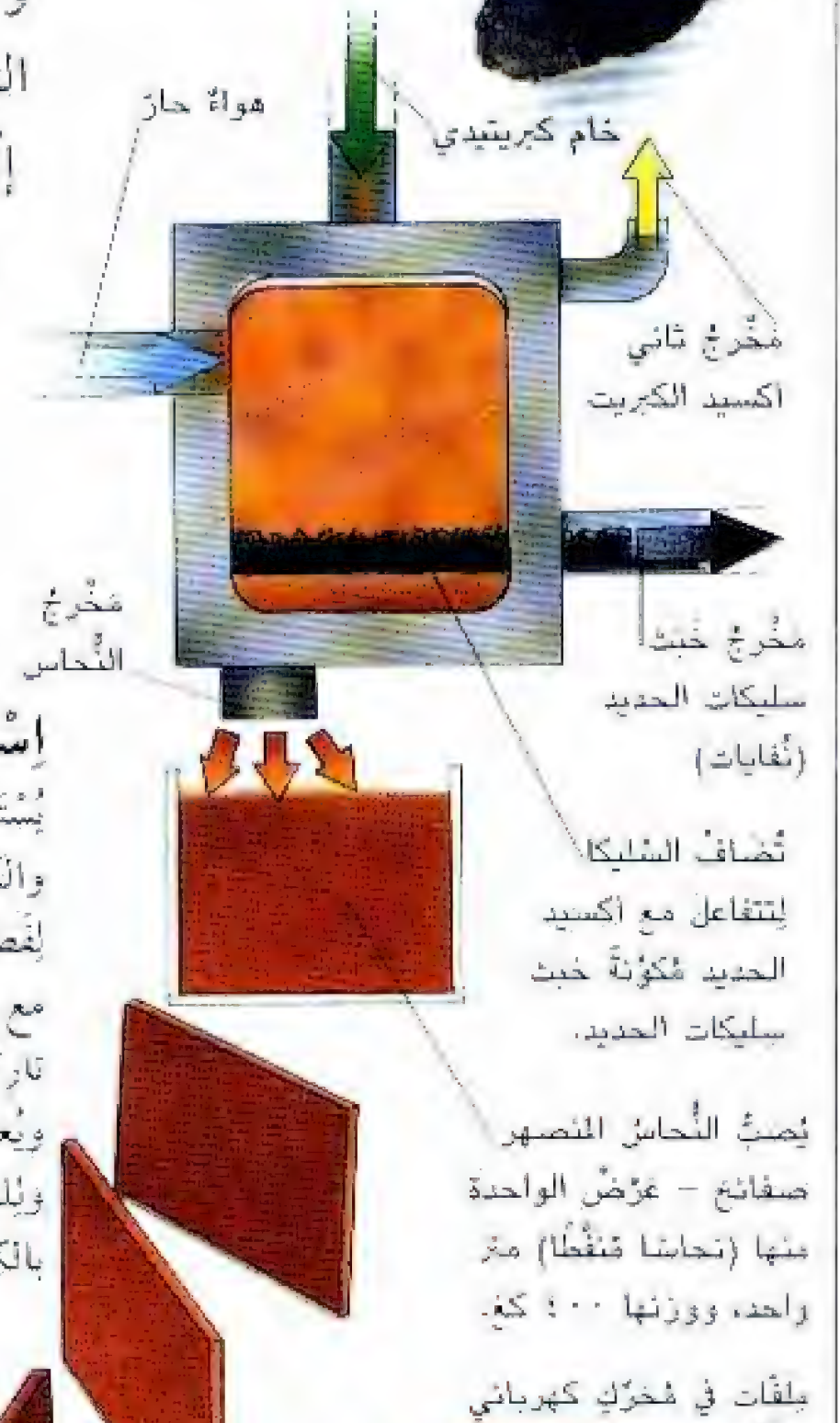
يُبيِّنُ الصُّورَةُ المُقابِلَةُ فولادًا خفيف الكربون، يحوي ٠.٨٧٪ من الكربون. وتُتَبَيَّنُ بِنَةُ الفولاذ وتَسَجَّتُهُ تبعًا لَكَمِّيَّاتِ الكربون المُتفاوتة فيه ولِطَرِيقَةِ تبريده.



# النحاس

النحاس حوالينا، وقد لا نراه، حيثما هنالك نور أو جهاز كهربائي. فجدران المباني، ومختلف المؤسسات، وسقوفها تحوي أسلاكاً نحاسية توصل التيار إلى مختلف المقابس والتركيبات الكهربائية فيها. يوجد النحاس خاماً في الطبيعة بنقاوة تتراوح بين ٠,٥ إلى ١٪. وهذا يعني أن إنتاج النحاس العالمي، المقدّر بـ ٩,٦ مليون طن، يقتضي معالجة أكثر من ألف مليون طن من الخام الصخري لاستخراجه!

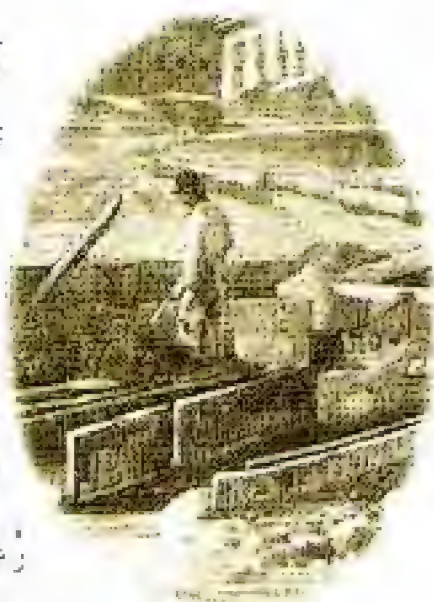
الكوكوبيريت خام كبريتيدي - يحوي النحاس مُتحدداً بالحديد والكبريت.



## استخراج النحاس

يُستخرج معظم النحاس من خام كبريتيدي يحوي الحديد والكبريت والنحاس. يُنقى الهواء الحار داخل الفرن لفصل النحاس عن الحديد والكبريت اللذين يتفاعلان مع الأكسجين ليولدا أكسيد الحديد وثاني أكسيد الكبريت. تاركين فلز النحاس المنصهر في القاع. هذا النحاس، ويُعرف بالنحاس المنقّط، تصل نقاوته إلى ٩٨ في المئة. ولبنقاوة الكاملة يُصار إلى عملية الكهولة (التحليل بالكهرباء) لإزالة الشوائب المتبقية.

يُجمّع النحاس النقي حول الكاثود (المهبط) - الإنكترود السالب.



كاري إفرسون

## كاري إفرسون

تحوي الخامات مزيجاً من الفلزّات النقيسة والشوائب الصخرية. وقد ابتكرت المعلمة الأمريكية، كاري إفرسون، عام ١٨٨٦، طريقة لفصلها. لقد طوّعت الخام ومزجته بزيوت وحامض، فحصلت بذلك على زيوت رغائي نستعمل في الفلزّات النقيسة ونظفوا، بينما تترسّب الشوائب الصخرية في القعر.

## الكهولة (التحليل بالكهرباء)

تُنقى صفائح النحاس المنقّط بالكهولة، فتعلّق الصفائح كإنكترود موجب (أو أنود) في محلول من كبريتات النحاس وحامض الكبريتيك. ويمرر الكهرباء عبر المحلول، يُذاب نحاس الأنود ويتجمّع نقيّاً حول الإنكترود السالب (أو الكاثود)، بينما تترسّب الشوائب كدادة في القاع.



صورة مجهرية للنحاس

تترسّب أيونات النحاس باتجاه الكاثود

يُجعل النحاس المنقّط أنوداً (مصنعاً) - إنكتروداً موجباً

تتجمّع الشوائب كدادة في القاع

تتكسّر ذرات النحاس بطريقة منتظمة لتكوّن بلورات. إن الطريقة التي تتشكّل بها البلورات هي التي تجعل النحاس قابلاً للتطريق والسحب والتشكيل.



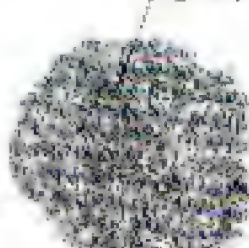
ذهب

فضة

بلاستيك

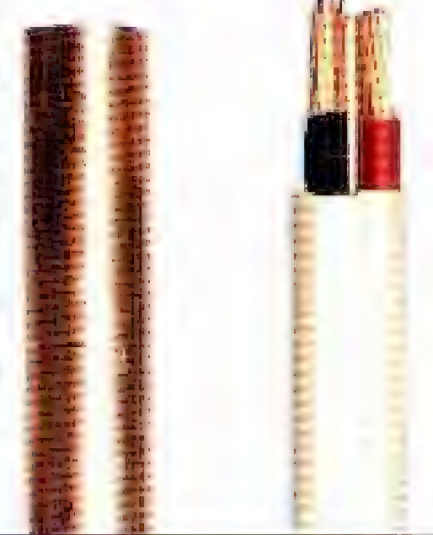
## منتجات ثانوية في النحاس

الذهب والفضة والبلاتين فلزّات نقيسة تتواجد نقيّة في الطبيعة. لكن تُستخلص كميات مهمة من هذه الفلزّات من الكدادات الناتجة خلال كهولة النحاس.



## استعمالات النحاس

النحاس مُوصّل جيّد للحرارة والكهرباء؛ لذلك يُصنّع منه مختلف أنواع المقالي والطاير، كما جميع أنواع أنابيب المياه الساخنة في المنازل والمصانع. كذلك يُستخدم النحاس لصنع الياقظ الكهربائية المختلفة كمنابعات الصواعق وملفات المُحرّكات الكهربائية. والنحاس بطبيعته لا يصدأ بسهولة، فيدوم طويلاً.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الفلزّات الانتقالية ص ٣٦
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- الكهولة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- السياتك ص ٨٨
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الألومنيوم



## في هياكل الدراجات

الألومنيوم سهل التشغيل والتشكيل، وهو في هياكل الدراجة الأنوبي يوفر لدراج السباقات دراجة فائقة الخفة.

طول الخلية الإلكترونية الواحدة ٩ أمتار وعرضها ٤ أمتار. وتتدلى أنودات الكربون في الكريوليت المنصهر.

ينشأ التيار الكهربائي عبر الشائل طارداً الأكسجين من أكسيد الألومنيوم نحو الأنودات (الإلكترونات الموجبة)

يتجشع الألومنيوم المنصهر حول الكاثود الكربوني الذي يُنطِن قاع الخلية الإلكترونية وجوانبها.

يُجمَع الألومنيوم ويُستخدَم في صنَع العديد من المنتجات، كما يُعاد تدويره بسهولة.

الألومنيوم أكثر الفلزات وفرة في الأرض، ويوجد في أنواع الصخور المختلفة؛ لكن معظم الألومنيوم يُستخرج من البوكسيت. وكون الألومنيوم يتحد مع غيره من العناصر بسهولة فإن فضله كفلز نقي يتطلب قدرًا كبيرًا من الطاقة. فقبل أن يكتشف الكيماويون طريقة رخيصة لاستخراجه، عام ١٨٨٦، كانت أسعاره تفوق أسعار الفضة والذهب بكثير. ونظرًا لخصائصه المتميزة، يُستخدم الألومنيوم اليوم في مختلف الصناعات - من الأواني المنزلية إلى الكبلات الكهربائية وأجزاء السيارات والطائرات.



تكوّن البوكسيت، خام الألومنيوم الرئيسي، بفعل التجوية وتفتت الصخور الحاوية لسيليكات الألومنيوم على مدى فترات طويلة.

## إستخراج الألومنيوم

يُستخرج الألومنيوم من البوكسيت بعملية باير متبوعة بالكهرلة. ففي عملية باير، يُمزج البوكسيت مع الصودا الكاوية ويُسخن، فينتج عن ذلك بلورات سكرية الشكل من أكسيد الألومنيوم النقي. ثم تذاب هذه البلورات في الكريوليت (ألومينات الصوديوم الفلوريدية) المنصهر. ومن ثم تنفك هذه البلورات بالكهرلة إلى ألومنيوم وأكسجين.

تُبَخَّر الحرارة ماء البلورات تاركَةً مسحوقاً ناعماً.

عندما يبرد المحلول، تتشكل بلورات أكسيد الألومنيوم تاركَةً هيدروكسيد الصوديوم.



## إستعمال الألومنيوم

عندما يتعرّض سطح الألومنيوم لأكسجين الهواء، تتكوّن طبقة سميكة من أكسيد الألومنيوم، تمنع عنه الهواء وتوقّف تآكل السطح بالصدأ. والألومنيوم فلز متين وخفيف وموصل جيد للكهرباء، لذا يُستخدم في صنَع أجزاء الطائرات والسيارات والشاحنات والكبلات الكهربائية.

إستخدَم الإمبراطور الفرنسي، نابوليون الثالث (١٨٠٨-١٨٧٣)، أطباقاً من الألومنيوم لتكريم الكبار من ضيوفه. أما اليوم فإننا نستخدم رقائق الألومنيوم للف الطعام لأنها رخيصة جداً.



يُستخدَم هذا الدوّالِب الضخم لاحتفار البوكسيت من قشرة الأرض.

يُكثَّر خام البوكسيت إلى قطع صغيرة.

يُضاف هيدروكسيد الصوديوم إلى البوكسيت ثم يُضخ إلى خزان كبير يُدعى الهضام.

الضغط العالي والحرارة يُمكنان هيدروكسيد الصوديوم من «هضم» البوكسيت (أي تفكيكه إلى مكوناته). فيذوب أكسيد الألومنيوم، من الخام، مُكوّنًا محلولاً من ألومينات الصوديوم، بينما يُزيل المرشح الشوائب غير الذّابة.

## كيماويان مُزَمانان

في عام ١٨٨٦، اكتشف الكيماويان الشابان تشارلز مارتن هول (١٨٦٣-١٩١٤)، التلميذ في معهد أوبرلن في الولايات المتحدة الأمريكية، و ب. ل. ت. هيرولت (١٨٦٣-١٩١٤)، الكيماوي الشاب الذي كان يعمل في فرنسا - اكتشافاً مُستقلين الطريقة الكهربائية لاستخراج الألومنيوم. فخفضا اكتشافهما ثمن الألومنيوم إلى جزءٍ من ثمن الفضة في غضون أربع سنوات. ومن غرائب الصدف أنهما لم يتوصلا إلى اكتشافهما

ذاك وهما في العمر نفسه فقط، بل إنهما ماتا في العام نفسه، بفارق ثمانية أشهر واحدهما عن الآخر.



## لزيد من المعلومات انظر

- الفلزات الوضعية ص ٣٨
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- صناعة الكيماويات ص ٨٢
- السبائك ص ٨٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# السبائك

كان من مُعِيقَات المَحَارِبِ القديم قبلَ عصرِ الحَديد (قبل ١٠٠٠ ق.م.) اضطراره للتوقّف عن القتال خلال المعركة لِتَقْوِيم سَيْفهِ البرونزيّ - علماً أنّ البرونز أكثرُ صِلَادَةً من النحاس؛ إنّ مُعْظَمَ الفِلِزَّاتِ النقيّة هي فلِزَّاتٌ ضعيفة لينة، لكن عندما يُمزَجُ فلِزَّانِ طَرِيَّانِ فالسبيكةُ الناتجةُ أصلبُ من كليهما. وتتغيّرُ خصائصُ السبيكة بتغيّرِ كمّيّاتِ الفِلِزَّاتِ الداخِلة في مَزيجها. وتتألّفُ مُعْظَمُ السبائكِ من فلِزّين أو أكثر، لكنّ بعضها قد يحوي لافِلِزّاً كالكربون، كما هي الحال في سبائك الفولاذ.



## السبيكة الأولى

منذُ حوالي ٦٠٠٠ سنة، اكتشفَ الناسُ أنّ النحاسَ يزدادُ صلابةً عند مَزَجِهِ بالقصدير. وظلّ استعمالُ تلك السبيكة البرونزية على مُجْمَلِ الاستِخداماتِ المعدنية حَتَّى دُعيَ ذلك العصرُ بالعصرِ البرونزيّ.

إنّ مَزَجَ الألومنيوم بالمغنسيوم والنحاس يُوفّرُ هيكلًا خفيفًا للطائرات - هو من القوّة والمتانة بحيث يصمّدُ لِشُرْعَةِ الرّياحِ العاليةِ وصدماتِ الخطّ.



## دَرَجَاتُ الحرارة العالية

تَقْطَعُ لُقْمَةُ الثَّقْبِ مسارَها عبرَ الموادِّ الصّلبة، مُدَوِّمَةً آلافَ المَرَّاتِ في الدقيقة، وتوفّرُ سبيكةَ كريد التنجستن التي تزيدُ درجةَ انصهارِها على ٢٩٠٠°س الصلادةَ لِلقِيَامِ بذلك.



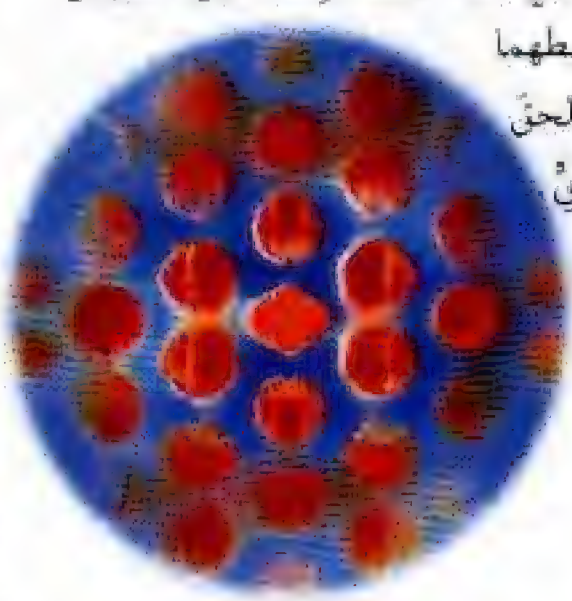
## دَرَجَاتُ الحرارة الخفيفة

سبيكةُ اللّحامِ التي هي مَزيجٌ من القصدير والرصاص مثاليّةٌ لِوَضَلِ طَرَفَيْنِ فلِزّين بعضهما مع بعض، إذ إنّ درجةَ انصهارِها أخفضُ من كلا درجتَي انصهارِ فلِزّيها النقيّين. فهي إنّما تولّدُ جسرًا بين الطرفين اللذين تربطهما دون أن تلحق الضررَ بأيّ



## سبيكة الأسنان

يُستَخدَمُ أطباءُ الأسنانِ المُلْعَمُ - وهو سبيكة من الزئبق والفضة والقصدير والخارصين والنحاس - في حشوِّ التجاويف السنيّة. وهذا المُلْعَمُ يُمكنُ تشكيله، كالمعجونة، لِيتلاءَمَ مع كَيفِافِ الأسنانِ قبل أن يتصلّب.



في المَحْرُوكِ النفاث، تَتَبَثُّ شَقَرَاتُ التربين في مواقعها بواسطة اقراص تُصنَعُ من سبيكة فائقة تتألّفُ من ١١ عنصراً منها النيكل والتيتانيوم.

## سبائك الطائرات

تتطلّبُ هياكلُ الطائراتِ النفاثة سبائكَ خفيفةً لجعل الإقلاع سهلاً واستهلاكِ الوقود خفيفاً. كما تتطلّبُ محركاتُها سبائكَ خاصّةً تصمّدُ لِدرجاتِ الحرارة العالية. إنّ شَفَرَاتِ التربين في مُقَدِّمَةِ المَحْرُوكِ مثلاً، التي تدوّمُ بِسرعةٍ كبيرة، تُسْفُطُ الهواءَ إلى الداخل على دَرَجَاتِ حرارة تصلُ إلى ٦٠٠°س.

## صنْعُ السبائك

تُصنَعُ مُعْظَمُ السبائكِ بِصَهْرِ الفِلِزَّاتِ ومَزَجِها بعضُها مع بعض - شَرَطُ الأَ يبدأ أحدُ الفِلِزّين بالغليان قبل أن ينصهر الآخر. ففي صنْعِ النحاسِ الأصفر مثلاً، يُسْقَطُ الخارصينُ الجاود في النحاس المنصهر. أمّا إذا أُحمِيَ معاً فإنّ الخارصين قد يتبخّرُ كُلُّهُ قبل انصهار النحاس.

يَذوبُ فلِزّاً السبيكة واحدهما في الآخر، وتمتزج ذراتُهما بِخَرِيقَةٍ وتتشابكُ معاً لِتَشكُلَ بُلُورَاتٍ قويّةً عندما تبرد.

### لمزيد من المعلومات انظر

- التراكيب الكيميائية ص ٢٨
- الفِلِزَّاتُ القِلْوِيّةُ ص ٣٤
- الفِلِزَّاتُ الأثقالِيّةُ ص ٣٦
- الفِلِزَّاتُ الوَضِيعَةُ ص ٣٨
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# حامض الكبريتيك

العلاقة المشتركة بين الأسمدة والدهانات والمتفجرات والمنظفات هي أن حامض الكبريتيك يدخل في تصنيع كل منها. فحامض الكبريتيك من المواد الهامة جدًا للصناعة بحيث قلما ترى حولك شيئاً لم يدخل هذا الحامض في صناعته. حامض الكبريتيك لا يتواجد طبيعياً، بل يُصنع، ويبلغ ما يُنتج منه سنوياً قرابة ١٥٠ مليون طن. ومما يجعل تصنيعه قليل التكلفة أن الحرارة المهدورة في إحدى مراحل عملية تحضيره يمكن استخدامها كمصدر حراري للمرحلة التالية.

الكبريت هو المادة الأولية الرئيسية لصنع حامض الكبريتيك إضافة إلى الماء والهواء.



حرارة بخار الماء الساري في الأنبوب الملولب تسهر الكبريت قبل أن يزد في داخل الفرن.

المبادل الحراري

يُسفَع الهواء الجاف إلى داخل الفرن فيتحكأكسجين الهواء بالكبريت مولداً غاز ثاني أكسيد الكبريت.

في المخول تزد كميات إضافية من الأكسجين لتحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت.

جان أنطوان شبتال

في القرن الثامن عشر أخذت المصانع تستخدم حامض الكبريتيك في صنع الجبس والأصباغ والأزوار. ولحقه الكيميائي الفرنسي، جان أنطوان شبتال (١٧٥٦-١٨٣٢) الحاجة إلى تصنيع حامض الكبريتيك على نطاق واسع لاستخدامه في تلك الصناعات وسببها من الصناعات المتسارعة النمو. وقد تم له في الفترة بين ١٧٨٠ و ١٧٩٠ إقامة أول مصنع لإنتاج حامض الكبريتيك تجارياً في مونبلييه، فرنسا.



المخول

في المبادل الحراري يتم

ثاني أكسيد الكبريت فوق أنبوب ماء فيسخنه بحرارته، وتستخدم هذه الحرارة في صهر الكبريت وفي تدوير المرواح التي تنقل الهواء إلى داخل الفرن.

طريقة التلامس

تفاعل الكبريت مع الأكسجين بطيء في غياب الحفازات. ولتسريع التفاعل تستخدم كميات صغيرة من خامس أكسيد الفاناديوم، كحفاز، إذ توفر هذه الكميات مساحة سطح شاسعة تستقر عليها جزيئات الكبريت والأكسجين، فتتقارب وتتلاصق وتتفاعل بسرعة.

ثالث أكسيد الكبريت

ثاني أكسيد الكبريت

تصنيع الحامض

هنالك ثلاث مراحل في تصنيع حامض الكبريتيك. ففي المرحلة الأولى، يُحمى الكبريت والهواء لتحضير ثاني أكسيد الكبريت. وفي المرحلة الثانية التي تُعرف بطريقة التلامس، يُمزج ثاني أكسيد الكبريت مع الهواء لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت. وأخيراً، يذاب ثالث أكسيد الكبريت في حامض الكبريتيك ليؤلف حامض الكبريتيك المدخن (الأوليوم)، الذي هو شكل فائق التركيز من حامض الكبريتيك.

خامس أكسيد الفاناديوم

جهاز الانتصا

يتمثل ثالث أكسيد الكبريت غزيراً زائفاً من حامض الكبريتيك الذي يمتصه ليغدو حامضاً مركزاً. مُخففاً يُدعى الأوليوم.

كيمياوياً يمكن إضافة ثالث أكسيد الكبريت إلى الماء مباشرة لإنتاج حامض الكبريتيك. لكن التفاعل يكون غنياً وخطراً.

يُخفف الأوليوم (حامض الكبريتيك المدخن) بالماء للحصول على حامض الكبريتيك بالتركيز المطلوب.

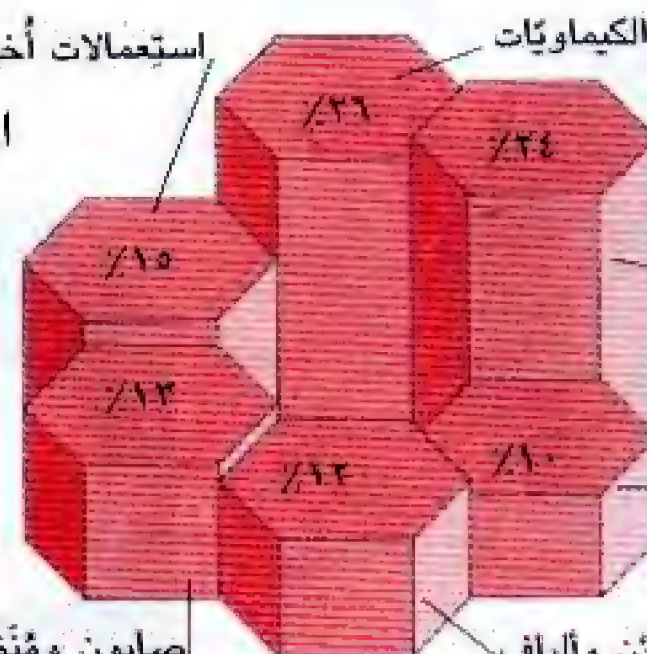
استعمالات حامض الكبريتيك

حامض الكبريتيك مهم جداً في الصناعة لأنه يتفاعل بسرعة مع المواد الأخرى، مزيلًا الفلزات والأكسجين والماء والمواد الأخرى غير المرغوب فيها. فضلاً عن استعماله في تصنيع العديد من الكيماويات، يُستخدم حامض الكبريتيك في بطاريات السيارات وفي تكرير النفط وتنظيف الفلزات.

استعمالات أخرى

تصنيع الكيماويات

الرايون (الحبر الصناعي) يصنع الرايون من عجينة الخشب مذابة في مزيج من الماء والصودا الكاوية وثاني كبريتيد الكربون. ويدفع السائل الحاصل للزج (الفسكوز) عبر هذا الرأس المثقب (به ١٠ آلاف ثقب) إلى مغس من حامض الكبريتيك فينصلب خيطوطاً.



أصباغ وخشب

أسمدة

لدائن وألياف

صابون ومنظفات

لمزيد من المعلومات انظر

- الكبريت ص ٤٥
- الحفازات ص ٥٦
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- الحوامض ص ٦٨
- الأمونيا ص ٩٠







# الكيمياء الزراعية

كثير من الطعام الذي نتناوله نتج أو أُنتج بمساعدة الكيماويات التي توفرها الصناعات الكيماوية - من أسمدة تحوي معادن مختلفة لا يزدهر نمو النباتات، أو تزدهر غلاتها وتزكو، بدونها، إلى كيماويات تتحكم في إنضاج الثمار كي لا تفسد قبل أكلها، إلى مُعدّيات كيماوية إضافية تُسرّع وتعزّز نمو الحيوانات الداجنة وتجنّبها الأمراض. غير أن كثيرا من الناس تقلقهم كمية الكيماويات المُستخدمة في إنتاج الأطعمة. فتزايد استخدام الأسمدة الكيماوية مثلا يؤدي إلى تلوث المياه، كما إن بعض المبيدات قتال للنباتات والحيوانات غير المؤذية ويعرّض البيئة وصحة الناس للخطر.



## الأطعمة الكيماوية

بالإضافة إلى طعامها الطبيعي، تُعطى حيوانات المزارع حبيبات مُعدّية من الكيماويات تحوي تروحينًا إضافية يُساعد في تقويتها وتسريع نموها.

## مبيدات الحشرات

يُقتل المبيد الحشرات بإحدى طرق ثلاث - مَسًا بمبيدات التماس أو سُمًا بالسُموم المُعدّية، أو اختناقًا بالمُدخّات السامة.



تفتك الحشرات بمزروعات الذرة.

قد تتلف القُطُر محصول حقل القمح بكامله.

## مبيدات القُطُر

مبيدات القُطُر كيماويات غُصُويّة، قد تحوي الخارصين والمنغنيز والنحاس، يرشها المزارعون على مَزروعاتهم أو يضعونها في التربة. وبذلك تُمنع الفطريات من الانتشار وإتلاف كامل المحصول.



تحرّم الأعشاب الضارة النباتات الأخرى من الحيز ومن الطعام.

## مبيدات الآفات

كُلُّ كائن حيّ يُعطل نمو المَزروعات أو المَواشي يُدعى آفة. فقد تكون الآفة غُشبية تُنافس المَزروعات على الفضاء والماء والمعادن، أو قُطُرًا يدسُ خيوطة الماصّة عبر أنسجة النبات فيتلفها، أو حشرة تُفَضِم مساراتها خلال أوراق النبات وثماره وجذوره. ولتقليل أعداد هذه الآفات والحد من أضرارها يعمد المزارعون لاستخدام المبيدات - وهي كيماويات مُصمّمة لتعطيل واحد أو أكثر من التفاعلات الحيوية في جسم الآفة.



## مبيدات الأعشاب الضارة

المبيدات تقتل الأعشاب الضارة بطرق متنوعة. فبعض المبيدات يُعطل عملية التخليق الضوئي فيحرّم الأعشاب من تخليق غذائها. وتعمل مبيدات أخرى بتسميم خلايا النسيج الإنشائي في رؤوس جذور تلك الأعشاب وبراعم أغصانها.

## كيماويات لتعزيز المحاصيل

توفر الأسمدة شتى المعادن التي تحتاجها النباتات. ولكل معدن تأثيره الخاص في تعزيز النمو الخضري أو إثماريًا. واختبار تأثير سماد معيّن في هذا الصدد، يقوم المزارعون بمقارنة نمو وغلّة مجموعتين من النباتات سُمّدت إحداهما بالسماد المعين.



لا كاسميدة اصطناعية - غُشِب (مُحلب) بحري

## الزراعة العضوية

لا تتلقّى زُرُوع ومَواشي المزرعة العضوية أيّ كيماويات اصطناعية - غُشِب (مُحلب) بحري

ولا كمُعدّيات إضافية. فالمزارعون العضويون يعالجون التربة بالأسمدة الطبيعية (كالزبل) لتوفير المعادن اللازمة لمحاصيلهم. كما يعتمدون أسلوب تَعاقب الزُرُوع سنويًا في حقولهم لتفيد الزُرُوع المُداورة على التوالي من مُختلف المعادن الموجودة في السّماذ. وهذا الأسلوب يقطع أيضًا دورة حياة الآفات الزراعية ويخفّض أعدادها. أما المُعدّيات الإضافية فتحصل عليها حيوانات المزرعة العضوية من الكيماويات الطبيعية المتواجدة في الأعشاب والطحالب البحرية.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الفِلْزَات القِلْوِيّة ص ٣٤
- التُروحين ص ٤٢
- الفُسفور ص ٤٣
- القِلْوِيّات والقواعد ص ٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# صناعة الأغذية

لعلَّ مُعظمَ ما تناولته من طعام اليوم كان قد جُمِعَ من حقلٍ أو مزرعةٍ قبلَ عدَّةِ أسابيعٍ أو حتى أشهرٍ، لكنَّه لا يزالُ جيِّدًا طيِّبَ المذاق. فـصناعةُ الأغذية تعالجُ الكثيرَ من أطعمتنا بالكيماويات ليبقى سليماً صالحاً للأكل - منظرًا ومذاقًا. وهو بدونِ ذلك مُعرَّضٌ لِتسرُّبِ الميكروبات (كالجراثيم والفطريات) التي سرعانَ ما تفسدُه مُحيلةً إياه، كُلَّه أو بعضه، إلى مُركَّباتٍ كريهة المذاق والمنظر، وربما سامةٍ أيضًا. لقد بدأ الإنسانُ معالجةَ الأغذية بالتعليب والتجفيف والتدخين منذُ آلاف السنين ليحفظها

قوتًا له في أشهر الشتاء العجاف. واليوم، تقدَّمت صناعةُ الأغذية ووسائلُ نقلها بحيث غدت متاجرنا تعرضُ مُختلفَ أنواع

المأكولات، من سائر أنحاء العالم، على مدار السنة.



**التجفيد (التجفيف المُجمَّد الخوائي)**  
يعتمدُ رُوادُ الفضاء على الطعام المُجمَّد. ففي طريقة التجفيد، يُجمَّد الطعام أولًا ثم يُجفَّفُ على ضغطٍ خفيض. يمكنُ جفِّطُ الطعام المُجمَّد على درجة حرارة الغرفة، لأن الجراثيم لا تستطيع العيش بدون ماء.



يُنقل الحليب  
مباشرةً إلى معامل الرَبدة  
والجبن



يُنشَر الحليب  
بالاحماء

## البسترة

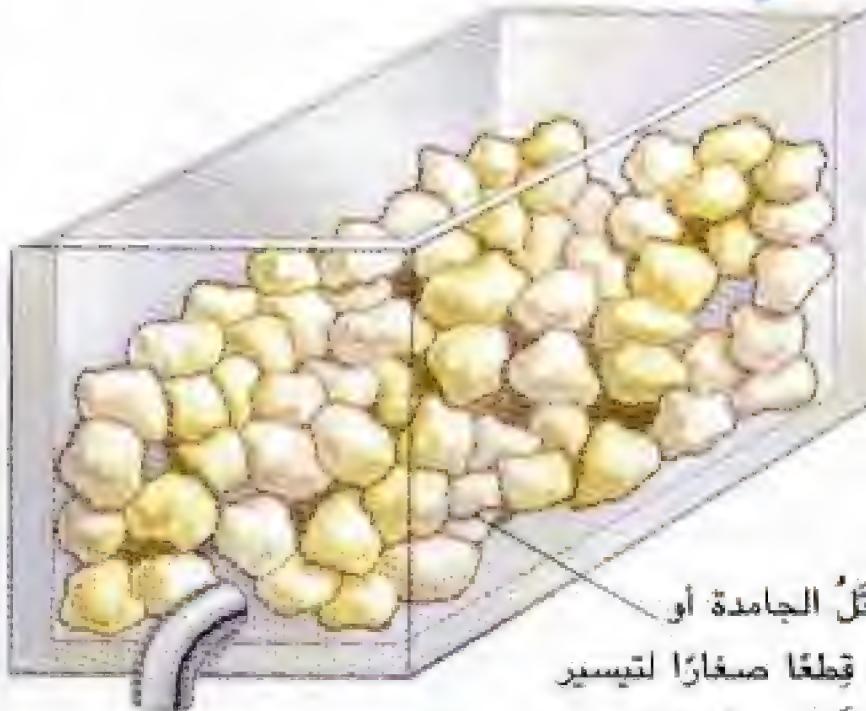
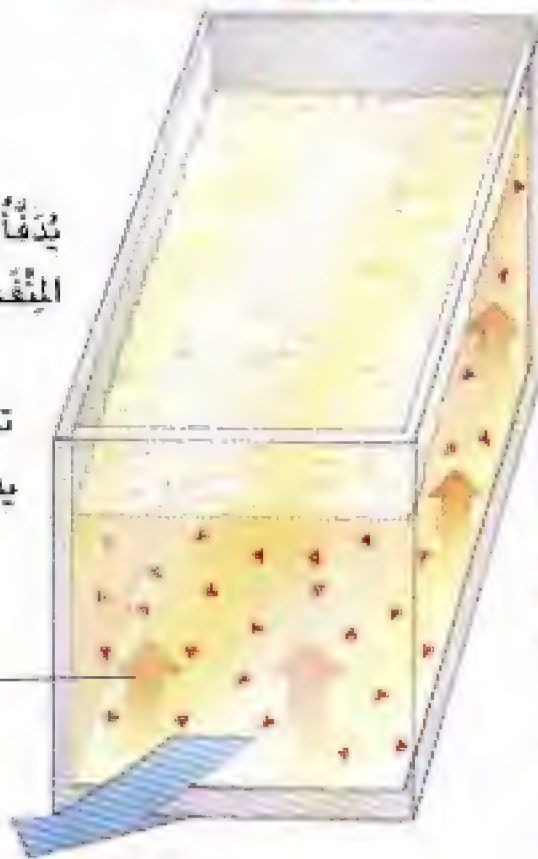
الغليان يقتل الجراثيم، لكنَّه يُبَلِّغُ بعض المُعدَّيات أيضًا. أمَّا في البسترة، فتُحمى السوائل، كالحليب، إلى درجة ٧٠° س لمدة ١٥ ثانية ثم تبرَّد بسرعة. بهذه الطريقة تُبَاد الجراثيم وتُحَفِّظُ النكهة.

## من حليب إلى جبن

الحليبُ محلولٌ مائيٌّ يحوي بروتينًا وسُكَّرًا وفيتامينات ومعادن وقطراتٍ من الدَّهْن تجعله أبيض اللون. غير أنَّه يحوي أيضًا بعض البكتيريا التي تغذي وتكاثر فيه، مَحَوِّلة إياه إلى سائل حمض في بضعة أيام. وقد اكتشف أسلافنا منذ القدم إمكانيةَ جَفِّطِ المُعدَّيات في الحليب بتحويله إلى جبن. اليوم، نعرفُ أنواعًا عديدة من الجبن، لكنَّ مُعظمها يَمُرُّ في إنتاجه بالمراحل الأساسية ذاتها.

تُمْلَحُ الخُثَارَاتُ وتُضغَطُ لإزالة ما تبقى بها من مصل. ثم تُشكَّلُ الخُثَارَاتُ في قوالب وتُخزَّن على رفوف باردة حتى تنضج إلى جبن.

يُذَفَّقُ الحليبُ وتضافُ إليه المُنْفَخَةُ (المستخرجة من معد العجول). تحوي المُنْفَخَةُ أنزيمات يدعى الرنين (المنفخين) الذي يُخَثِّرُ قسماً من الحليب إلى كتل جامدة.

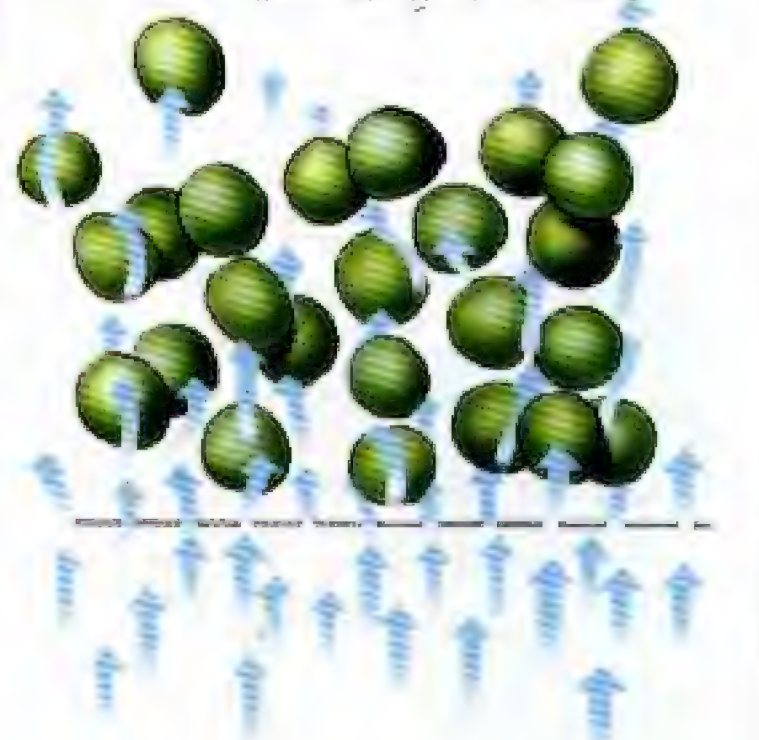


تُقَطَّعُ الكُتْلُ الجامدة أو الخُثَارَاتُ قطعًا صغيرًا لتيسير تصريف المصل. ويُستفاد من مصل اللبن هذا طعامًا لحيوانات المزرعة.



## التعليب

نُشَاهِدُ في الحوانيت والمناجر، صغيرها وكبيرها، قِيضًا من الأغذية المُعلَّبة، المضمونة الجودة والصَّلاحية لمددٍ طويلة. ففي طريقة التعليب، الأكثر شيوعًا لحفظ المأكولات، تُغلى الأطعمة الطازجة هُنيئةً أولًا للتخلُّص من أنزيماتها، ثم تُعلَّبُ وتُسَخَّنُ لإبادة الجراثيم؛ وأخيرًا، تُخَتَّمُ العَلَبُ جيِّدًا لمنع وصول الأكسجين والجراثيم إلى محتوياتها.



## التجميد السريع

الجراثيم لا تستطيع الاغْتِذاء والتكاثر في طعام مُجمَّد. في التجميد المائي، تُمرَّرُ موادُّ الطعام الصغيرة، كالبسلي على سِيرٍ ناقلة فوق عَضَفٍ من الهواء البارد (-٣٤° س). فتتفكَّرُ حُبُوبُ البسلي في الهواء بحريةٍ بعضها فوق بعض، كالجسيمات في مانع، وتتجمَّد في دقائق معدودات.



## مُضافاتُ الأطعمة

إعداد الوجبات الخفيفة، كالمبينة هنا، وتناولها لا يستغرق طويلاً. غير أن هذه الوجبات تحوي نسباً عالية من الدهون والسكر وغالباً ما تكون مقوماتها معالجة بالكيماويات والمُضافات. لذا ينبغي اللجوء إليها عند الاقتضاء فقط. صناعة الأغذية تستخدم المضافات لمنع فساد الطعام قبل أكله، وقد تُضفي عليه منظرًا جذابًا ومذاقًا طيبًا. وهناك المئات من مختلف المُضافات، بعضها طبيعي والبعض الآخر اصطناعي.

## المُنكهات

بعض المشروبات، كالكولا، تحوي مُنكهات كيماوية طبيعية تزوّل نكهتها بالتفكك مع الزمن. لذا يُصار إلى الكيماويات الاصطناعية ذات المذاق الأخذ والأقلّ غرضة لتفكك لمحاكاة الكيماويات الطبيعية.

## المُستحليات

الدّهْن والماء لا مزوجين، فسرعان ما يفصل خليطهما. غير أن المُستحليات، كالليتين (المُحّين) من صفار البيض، تبقى على تماسّهما كما في اللبن الرائب والشوكولاتة والبوظة.

## معالجة الأطعمة

٤٠٠٠ ق.م. استخدم التمليح والتدخين والتجفيف في حفظ الأطعمة.  
٣٠٠٠ ق.م. استخدمت الخميرة في صنع المشروبات الكحولية بالتخمير.  
٢٠٠ ق.م. استخدمت البكتيريا المخثرة في صنع اللبن الرائب بالتخمير.  
١٨١٠ اكتشف نقولا فرنسوا أبير (١٧٥٢-١٨٤١) طريقة لحفظ الطعام في أوعية محكمة السد. ومن هذا الاكتشاف تطورت صناعة التعليب.  
١٨٦٠-١٨٧٠ ابتكر لويس باستور (١٨٢٢-١٨٩٥) طريقة لقتل الميكروبات الضارة في النبيذ والجمعة.  
حوالي ١٩٢٠ طور كلارنس بيردزاي (١٨٦٦-١٩٥٦) طريقة لتجميد الطعام بسرعة.

## الملونات

الخضب الطبيعية قد تتفكك تاركة الطعام باهًا وغير مُشّة. لكن الملون الطبيعي، مثل كاروتين بيتا، المُصنّع من الجزر يحفظ لعصير البرتقال لونه البرتقالي.

## التشعيع

تستخدم هذه الطريقة الإشعاعات التي تخترق الأطعمة فتقتل ما فيها من متعضيات. لكن تشعيع الثمار والخضار يعطي نضجها ويوقف نموها. كما أن التشعيع يُغيّر جزيئات الطعام ذاته، وقد يُلغف الفيتامينات والمعادن الأخرى فيه. لذلك، وبسبب الخوف من ارتفاع مستوى النشاط الإشعاعي في الأغذية المُعالجة، يبقى تعريض الأغذية للإشعاع يقينية مُثيرة للجدل والخلاف.

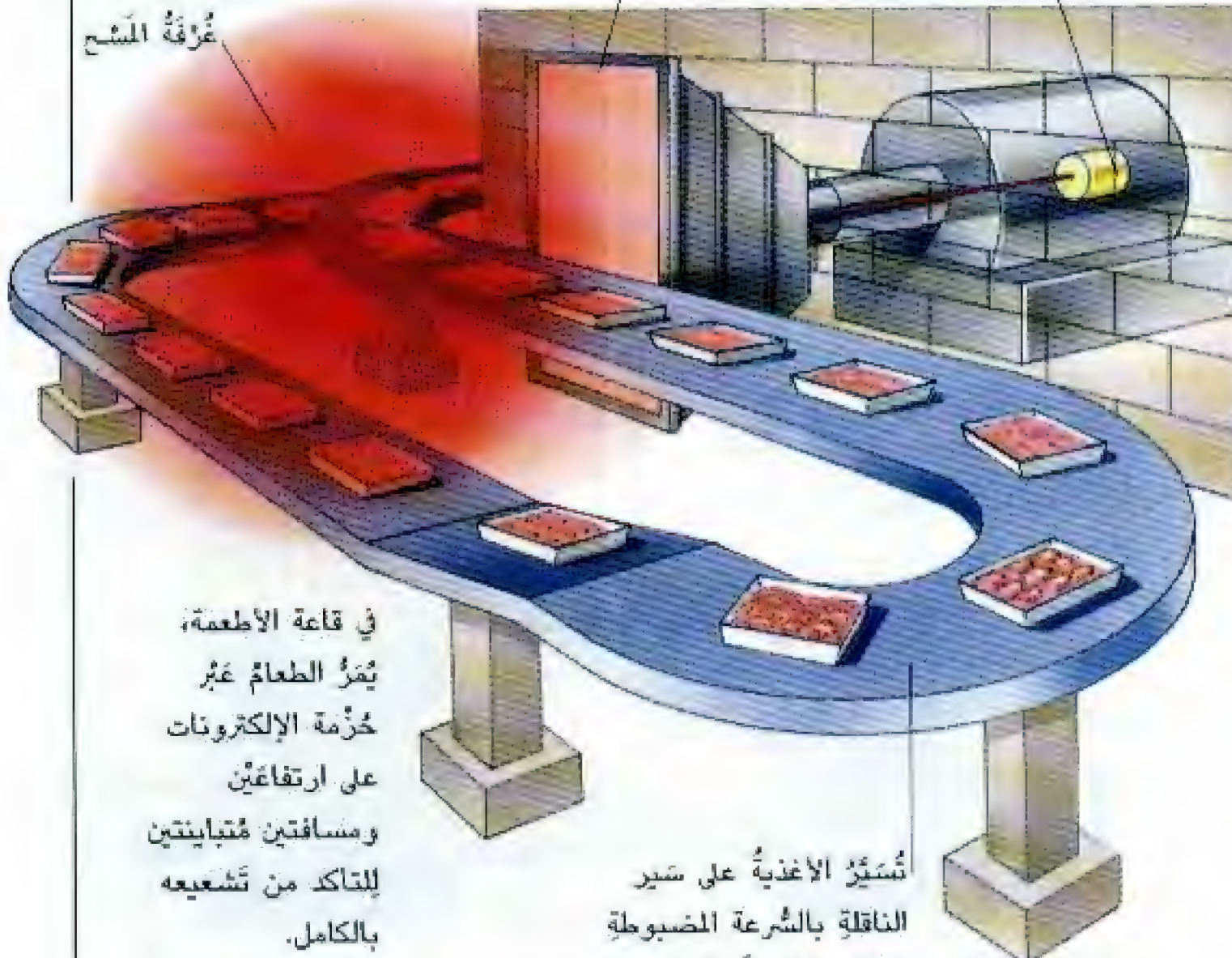
## الحواظ

الأملاح والسكر تُسمّم الجراثيم والفطريات وتقتلها. لذا يُضاف نترات الصوديوم إلى النقانق، وسوربات البوتاسيوم إلى صالصة البندورة الحرة. فأمثال هذه الحواظ تصون الطعام طويلاً.

مدفعة إلكترونية تُطلق إلكترونات عالية الطاقة.

يبقى بوق المشع حُرمة الإلكترونات مركزة في مساحة ضيقة من وحدة المعالجة.

غرفة المشع



تُسَيَّر الأغذية على سير الناقل بالسرعة المضبوطة لتتلقى الجرعة المصرح بها من الإشعاع.

في قاعة الأطعمة، يُمرّ الطعام غير حُرمة الإلكترونات على ارتفاعين ومسافتين مُتباينتين للتأكد من تشعيه بالكامل.

## الميكروبات المُفيدة

يتحوّل عصير العنب في هذه الخواري إلى نبيذ بفعل ملايين خلايا الخميرة الدقيقة. وقد استخدمت هذه الخمائر منذ آلاف السنين في صنع المشروبات الكحولية والخبز. هذا الاستخدام طوّر اليوم لتصنيع موادّ نافعّة أخرى من موادّ لاثقلديّة فيما يُسمّى بالتقانة البيولوجية. فبعض الميكروبات تستطيع تحويل الميثانول، المحضّر من الغاز الطبيعي، والنشويات، من صناعة الورق، إلى علفٍ لحيوانات المزارع.



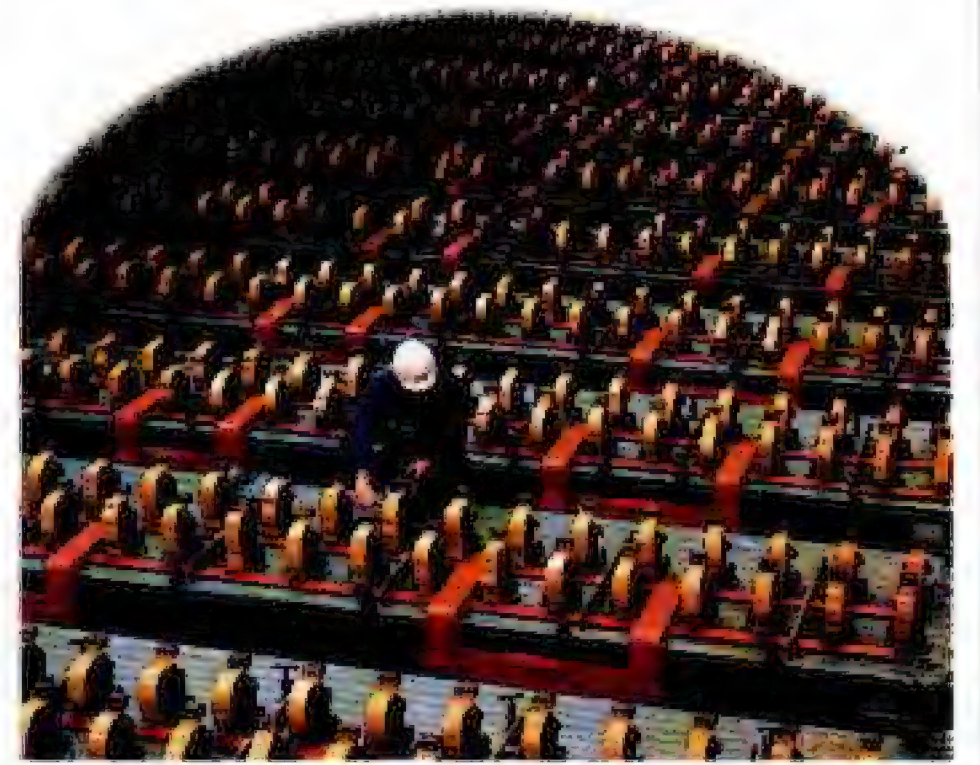
## لمزيد من المعلومات انظر

النشاط الإشعاعي (القاعدية الإشعاعية) ص ٢٦  
الأكسدة والاختزال ص ٦٤  
كيمياء الأغذية ص ٧٨  
الاختبار ص ٨٠  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# صناعة القلويات

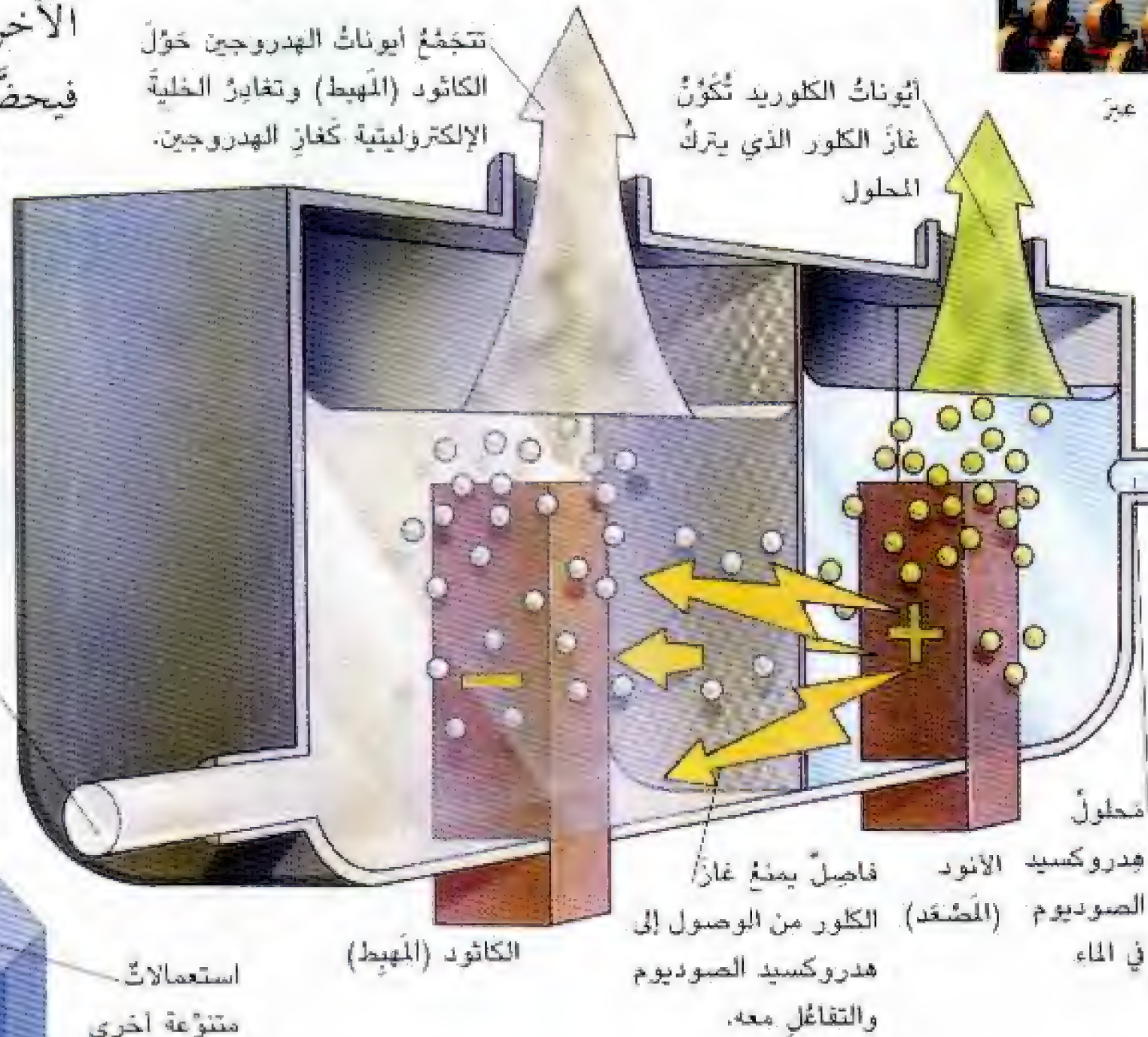
القلويات المُحضَّرة من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) أساسية في صنَّع الصابون. والقلويَّان الأهمُّ اللذان يُحضَّران من هذا الملح هما هيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم. والواقع أنَّ هذين القلويَّين هما الأهمُّ بين ما تنتجُه صناعة القلويَّات إذ يُستخدَمان في صنَّع مُنتجات عديدة. ويبلغ ما تنتجُه المعاملُ الكيماوية في مختلف أقطار العالم، من كُلِّ منهما، حوالي ٣٥ مليون طن سنوياً. يُحضَّر هيدروكسيد الصوديوم بإمرار تيار كهربائي عبر محلول ملحي. وتنتج عملية الكهرلة هذه في الوقت نفسه غاز الكلور. يعني أنَّ مصنع هذا القلي هو مصنع للكلور أيضاً. أمَّا القلي المهم الآخر، كربونات الصوديوم، فيحضَّر من محلول الملح وثاني أكسيد الكربون بطريقة صولقي خاصَّة.



يُحضَّر هيدروكسيد الصوديوم بإمرار الكهرباء عبر السائل الملحي في هذه الخلايا الإلكترونية.

## هيدروكسيد الصوديوم

يتألَّف محلول الملح في الماء من أربعة أنواع من الأيونات هي: أيونات الصوديوم والكلوريد والهيدروجين والهيدروكسيد. وفي أثناء الكهرلة تنجذب الأيونات السالبة (أي الكلوريد والهيدروكسيد) نحو الأنود، والأيونات الموجبة (أي الصوديوم والهيدروجين) نحو الكاثود. وعندما يتفصل الصوديوم عن الكلوريد، يتفاعل مع الماء فيولَّد هيدروكسيد الصوديوم.



الكاثود (المهبط)

هيدروكسيد الأنود  
الصوديوم (المصعد)  
في الماء  
فصل يمتد غاز  
الكلور من الوصول إلى  
هيدروكسيد الصوديوم  
والتفاعل معه.

## استعمالات كربونات الصوديوم

لعلك شاهدت هذا القلي بشكل بلورات سودا الغسيل؛ لكنه يُستعمل أيضاً في تصنيع مُنتجات عديدة شتى - من الحُرَقَات والأقمشة إلى الصُّور الفوتوغرافية والمصنوعات الجلدية.

## كربونات الصوديوم

تُسَخَّن أنابيب البخار البلورات لطرد ثاني أكسيد الكربون والماء منها.

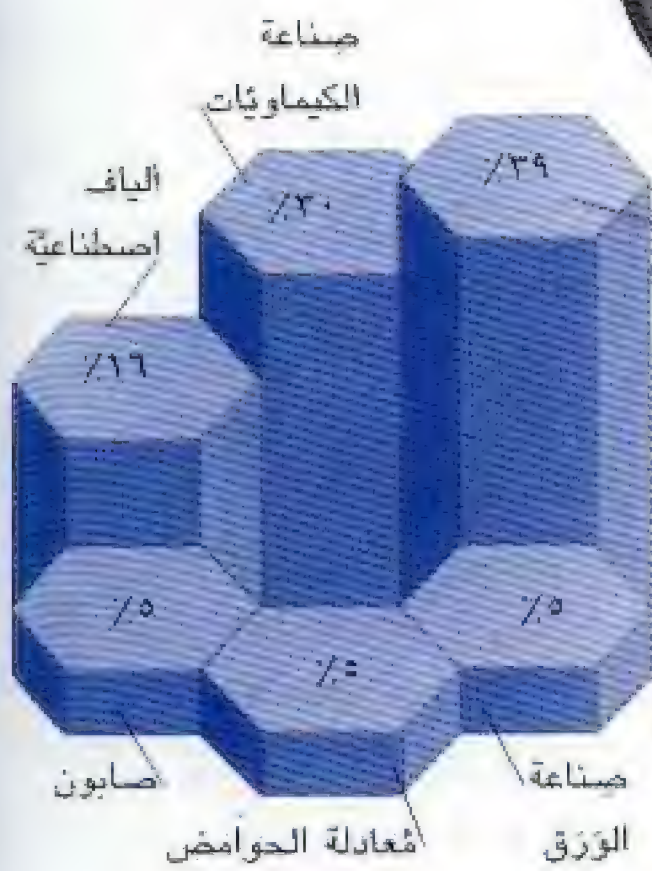
## خامات الترونا

خامات البحيرات الجافة والأحواض الطبيعية، في مناطق مختلفة من العالم، تتألَّف من كربونات ويكربونات الصوديوم. وهي مصدر مهم لكربونات الصوديوم إذ يمكن استخلاصها منها نقية بسهولة دون اللجوء إلى طريقة صولقي.



## كربونات الصوديوم

يمتصُّ المحلول الملحي ثاني أكسيد الكربون ليكوِّن كربونات الصوديوم. وفي طريقة صولقي، يذاب ثاني أكسيد الكربون في المحلول الملحي والأمونيا؛ فيتكوَّن في المحلول بلورات من بيكربونات الصوديوم وهيدروكسيد الأمونيوم. ثم تحمى البلورات الناتجة للحصول على كربونات الصوديوم.



استعمالات هيدروكسيد الصوديوم المعروف عن القلويَّات أنها تُعادَل الحوامض. لكن لهيدروكسيد الصوديوم في الصناعة استعمالات عديدة أخرى تشملُ تصنيع مواد التقصير والأدوية والأصباغ والمُنتجات النُظفية، كما يُستعمل أيضاً في مُعالجة الأغذية والفِلِزَّات والمُطاط.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الترايُّط الكيماوي ص ٢٨
- الفِلِزَّات القلويَّة ص ٣٤
- الهالوجينات ص ٤٦
- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- القلويَّات والفواقد ص ٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الصابون والمنظفات

الصابون مُنظفٌ أساسيٌّ لا غنى عنه لتحقيق مستوى نظافة مقبول. فالماء وحده، رغم استطاعته إذابة الكثير من الأوساخ، عاجزٌ عن إذابة الشحوم والدهون؛ لكن حين يُفكَّكها الصابون فإن الماء يشطفها بسهولة. يُحضَّر الصابون بتفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع الدهون أو الزيوت الحيوانية والنباتية. بعض أنواع الماء عسيرٌ لا يرغب فيه الصابون لاحتوائه مركبات كيميائية تتفاعل مع الصابون لتكوّن أملاحاً غشائية غير ذوابة. المنظفات الاصطناعية تحاكي فعل الصابون، أكان الماء يسيراً أو عسيراً، دونما زبد أو غشاء؛ وهي تحضّر بمفاعلة كيمائيات من النفط الخام مع حامض الكبريتيك.



منظفات مختلفة

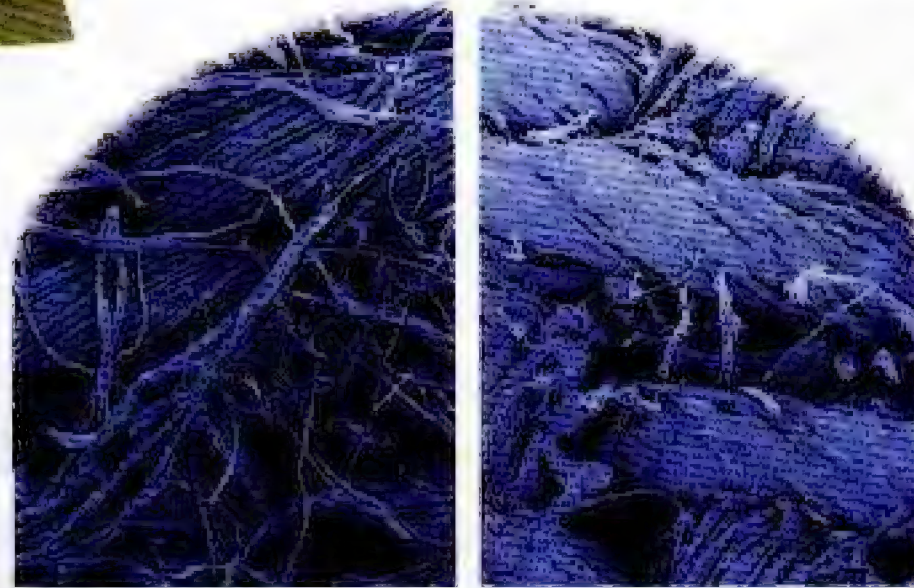
تعمل المنظفات المختلفة بأساليب شتى. فالصابون يُغطي الجلد بجزيئات مزيّلة للشحم، وفي الشامبو كيمائيات إضافية تُثبت الرغبة على الشعر بينما تفكك الشحم. أما منظفات الأرضيات فيحوي كيمائيات مُعززة لإزالة الأوساخ الرملية أو الخشنة. وتحتوي سوائل الجلي كيمائيات أخرى لإزالة فتات الأطعمة الدهنية.

تُجذب جزيئات الماء رؤوس جزيئات المنظف أليفة الماء. وبذلك ترتفع جزيئات الشحم والمنظف في الماء ويشهّل شطفها.



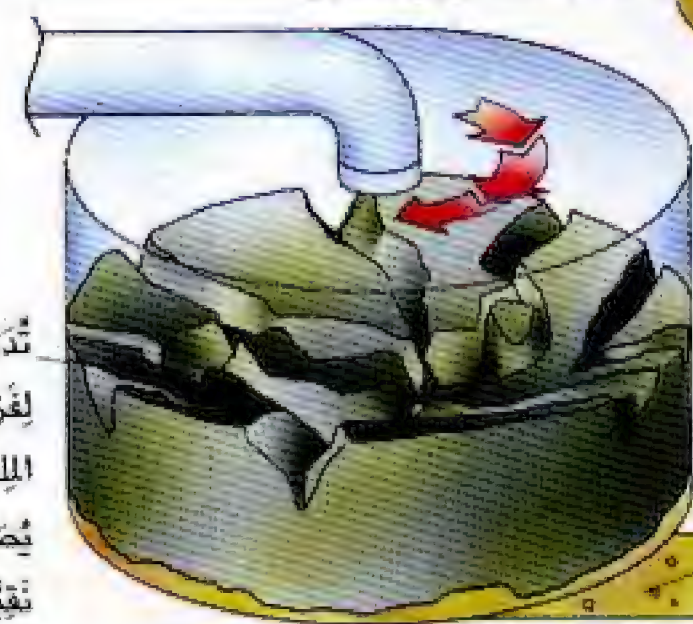
## عملية التنظيف

عندما تمسح الأرضية بجهد، يشارك الصابون أو المنظف بجهد مماثل. إذ إن لجزيئات الصابون والمنظف رؤوساً أليفة للماء وأذيالاً أليفة للشحم. وعند مزج الصابون أو المنظف بالماء، فإن الرؤوس أليفة الماء تذوب فيه، فيما تلتصق الأذيال أليفة الشحم بالشحم وتزيله عن السطح.



## تنظيف الأقمشة

ألياف القميص القطنية (إلى اليسار) مُغطاة بالشحم. عند غسل القميص تهاجم جزيئات الصابون والمنظف الشحم الملتصق بتلك الألياف وتزيله (إلى اليمين).



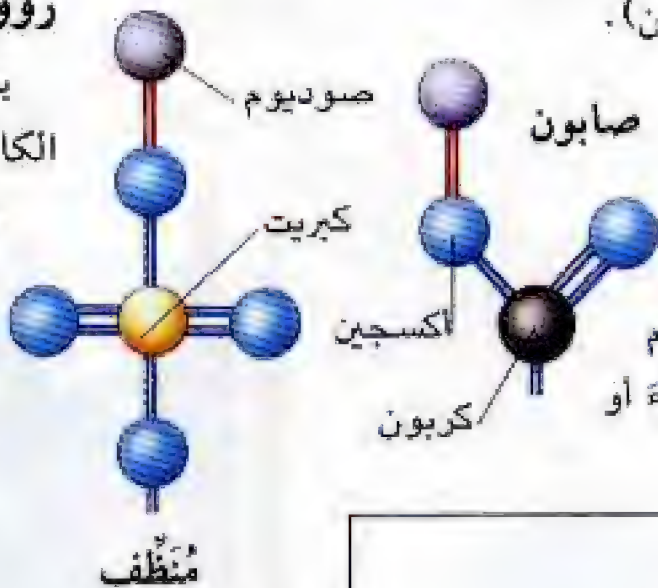
المحلول الملحي مع الغليسيرين

## صنع الصابون

لصنع الصابون، تُحمى الدهون أو الزيوت حتى تتفكك إلى حوامض دهنية وجليسول. ثم تُفاعل الحوامض الدهنية فتنتج الصابون والجليسول. ويؤزل الجليسرول من الصابون بإذابته في مخلول ملحي. وقبل تشكيل الصابون إلى كتل أو قشارات أو مسحوق، تُضاف إليه كيمائيات مختلفة لقتل الجراثيم وإزالة عسر الماء وإضفاء اللون والرائحة المطلوبين. إن صنع قطع من الصابون من موادها الأولية لا يستغرق أكثر من ١٥ دقيقة.

## رؤوس الجزيئات

يحوي الماء العسر ذرات من الكالسيوم أو المغنسيوم. وهذه الذرات تحل محل ذرات الصوديوم في رؤوس جزيئات الصابون أليفة الماء فتكوّن غشاء مزيّداً.



يحل الكبريت محل الكربون في رؤوس جزيئات المنظف أليفة الماء؛ فلا يعود الكالسيوم والمغنسيوم يكوّنان الغشاء أو الزبد.

تدوم الغلالة بشرة كبيرة لفرز الصابون عن المحلول الملحي والجليسول، اللذين يُضرفان تاركين الصابون نقيّاً.

## مقومات مساحيق الغسيل

تحتوي معظم مساحيق الغسيل أنزيمات بمقدورها تفكيك الجزيئات في بقع العرق والدّم. كما تحتوي مُصنّعات صباغية تُكسب الملابس زهواً وإشراقاً - إضافة إلى كيمائيات تزيل عسر الماء أو تعزّز إزالة الأوساخ وتمنع عودة ترسبها على الملابس المنظفة، أو تحفظ الحموضة ثابتة لمختلف التفاعلات الكيمائية.



## لزيد من المعلومات انظر

- الفُسفور ص ٤٣
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- القلويات والقواعد ص ٧٠
- كيمياء الماء ص ٧٥
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# مُنْتَجَاتُ الْفَحْمِ

عندما نُحرقُ الْفَحْمَ نُطَلِّقُ طاقَةً وَكِيماوِيَّاتٍ احْتَبَسَتْ منذ ٢٥٠ مليون سنة، حينَ أَخَذَتْ أَعْدَادٌ ضَخْمَةٌ مِنَ النَباتاتِ المَيِّتَةِ تنحلُّ ببطءٍ إلى فَحْمٍ. يُزَوِّدنا الْفَحْمُ بالطاقة اللازمة لتدوير المُولِّداتِ الكهربيَّةِ في الكثير من محطاتِ القُدرة. كما إنَّ إحماءَ الْفَحْمِ بِمَعزِلٍ عن الهواء، يُحوِّله إلى فحم الكوك، الذي هو وقودُ أفرانِ السَّفْعِ المُستخدمة لاستخراج الفلزَّات، كالحديد، من خاماتها. وقد يُعالجُ الكوكُ لإطلاق كِيماوِيَّاتٍ أُخرى - كالأُمونيا والقار وغازِ الْفَحْمِ (غاز الاستِصباح). وهذه الكِيماوِيَّاتُ يُمْكِنُ تحويلُها إلى كِيماوِيَّاتٍ جديدة لتصنيع الكثير من المنتجات المختلفة كالأصباغ والدهانات والأدوية. والواقعُ أنَّ هنالك أكثر من ٢٠٠٠ مادة كِيماوِيَّة يُمْكِنُ صُنْعُها من الْفَحْمِ.



## قَيْدُ التَّفَحُّمِ

في غابرِ الأزمانِ اسْتُخْدِمَت نباتاتُ المُسْتَنْقَعاتِ طاقةَ الشَّمْسِ وَكِيماوِيَّاتِ بِنَاتِها لبناء واختزان الطاقة الكِيماوِيَّة في خلاياها. وعندما ماتت تلك النباتات تحولت بقاياها إلى فَحْمٍ.

## من فَحْمٍ إلى كُوكٍ

عندما يُحْمَى الْفَحْمُ في أفرانٍ بِمَعزِلٍ عن الهواء إلى درجة حرارة تتراوح بين ٩٠٠° و ١٣٠٠° س، ينبعثُ منه مزيجٌ من الغازات والسوائل - يُفَصَّلُ تالِبًا إلى غازِ الْفَحْمِ، ومحلول الأُمونيا المائي، وقارِ الْفَحْمِ. أمَّا الجامِدُ المُتَبَقِي فهو الكُوكُ الذي يحوي أكثر من ٨٠ في المئة من الكربون.



يُحوي غازُ الْفَحْمِ (أو غاز الاستِصباح) الهيدروجينَ والميثانَ وأوَّل أكسيد الكربون، وقد اسْتُخْدِمَ للإضاءةِ أولَ مَرَّةٍ عامَ ١٧٩٢. وفي القرن التاسع عَشَرَ، عُمِّمَ اسْتِخْدَامُ غازِ الْفَحْمِ للإضاءة والطبخ في العديد من المُدُن.

غازُ الْفَحْمِ (غاز الاستِصباح)

قارِ الْفَحْمِ

## كِيماوِيَّاتُ قَارِ الْفَحْمِ

يُحوي قَارُ الْفَحْمِ العديدَ من الكِيماوِيَّاتِ المُفيدة، التي يجري فَصْلُها بالتقطيرِ إذ لِكُلِّ منها درجةٌ غليانٍ مُختلفة. فَمِنْ الكِيماوِيَّاتِ ذاتِ درجاتِ الغليانِ العالية الرِّفْتُ والكُريوزوتُ، ومِن ذاتِ درجاتِ الغليانِ الأخفض البنزينُ وحامِضُ الكُربوليك.

تُزَسُّ الأشجارُ المُثمرة بِمُبيداتٍ تُصنَعُ من قارِ الْفَحْمِ.

## جُزْئِيَّاتُ مُفيدة كِيماوِيَّا

تُشكِّلُ الجُزْئِيَّاتُ في قارِ الْفَحْمِ الموادَّ الأَوَّلِيَّةَ لِصُنْعِ المِئاتِ من الكِيماوِيَّاتِ الجديدة. فبِإضافة كِيماوِيَّاتٍ أُخرى إلى تلكِ الجُزْئِيَّاتِ يُمكنُ صُنْعُ آلافٍ من المَرَكِّباتِ المُفيدة. فالكُريوزوتُ يُسْتخدمُ دومًا تَكَرُّرًا كِمادَّةٍ حافظةٍ للخشب، وتُستخدَمُ جُزْئِيَّاتُه المُختلفة، مُفَصَّلَةً، موادَّ أَوَّلِيَّةٍ لِصناعةِ المُبيداتِ والأدوية.

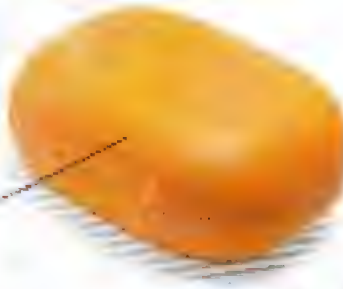
حَبَّاتُ دواءٍ من قارِ الْفَحْمِ



## المُلَوِّناتُ والمُبيدات

في الخمسينيات من القرنِ التاسع عَشَرَ، صُنِعَ الكِيماوِيَّونُ الأصباغُ الاصطناعيَّةُ الأولى من كِيماوِيَّاتِ قارِ الْفَحْمِ. فكانت أكثرُ رُفُوًا من معظمِ الأصباغِ الطبيعيَّةِ وأشدُّ منها رسوخًا في الأقمشة كما إنَّها لا تبهتُ بالضوء. وعندما اكتشفت الخصائصُ المُطَهِّرة لحامِضِ الكُربوليك (أحد كِيماوِيَّاتِ قارِ الْفَحْمِ)، أُضيفَ إلى الصابونِ لِقَتْلِ الجراثيمِ.

صابون قارِ الْفَحْمِ



البنزينُ مُركَّبٌ خَلْقِيٌّ من ذراتِ الهيدروجين والكربون.



صُنِعَتِ الأصباغُ الاصطناعيَّةُ الأولى من الانيلين - أحدِ المَرَكِّباتِ في قارِ الْفَحْمِ

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الأُمونيا ص ٩٠
- مُنْتَجَاتُ الغازِ ص ٩٧
- مُنْتَجَاتُ النُّفْطِ ص ٩٨
- الأصباغُ والخُصْبُ ص ١٠٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



## مُنتَجاتُ الغاز

اللَّهَبُ الْمُشْتَعِلُ فِي مَوْقِدِ الْغَازِ هُوَ الطَّوْرُ الْأَخِيرُ مِنْ مَرَاكِجِ حَيَاةِ الْمِثَانِ الطَّوِيلَةِ عَلَى مَدَى مَلَائِينَ السِّنِينَ، مُنْذُ أُخْذَتِ بَقَايَا الْحَيَوَانَاتِ وَالنَّبَاتَاتِ الْبَحْرِيَّةِ الدَّقِيقَةِ تَتَحَوَّلُ إِلَى غَازٍ طَبِيعِيٍّ احْتَبَسَ فِي طَبَقَاتِ الْأَرْضِ الْمُتَصَخَّرَةِ. وَيَتَأَلَّفُ الْغَازُ الطَّبِيعِيُّ فِي مُعْظَمِهِ مِنَ الْمِثَانِ إِضَافَةً إِلَى كِيمَاوِيَّاتٍ أُخْرَى أَيْضًا. وَفِي ثَلَاثِينَاتِ الْقَرْنِ الْعَشْرِينَ بَدَأَ اسْتِخْدَامُ الْغَازِ الطَّبِيعِيِّ الْمُرَالِ الشَّوَابِ كَقَوْدٍ عَلَى نِطَاقٍ وَاسِعٍ. وَلَمْ يَمُضِ طَوِيلٌ وَقْتٍ حَتَّى اكْتَشَفَ الْكِيمَاوِيُّونَ إِمْكَانِيَّةَ اسْتِخْدَامِ تِلْكَ الشَّوَابِ كَمَوَادٍّ أَوَّلِيَّةٍ فِي صِنَاعَاتٍ أُخْرَى؛ وَطَالَ ذَلِكَ الْمِثَانُ نَفْسَهُ فَعِدَا يُسْتَعْمَلُ كَمَادَّةٍ أَوَّلِيَّةٍ لِإِنْتِاجِ الْمَثَاتِ مِنَ الْمُنْتَجَاتِ الْمُخْتَلَفَةِ، مِنَ الْأَسْمَدَةِ إِلَى الْمَنْظَفَاتِ، بَلْ لَقَدْ أُمِكنَ اسْتِخْدَامُهُ حَتَّى فِي صُنْعِ الْبُرُوتِينَ.

**مزيج من الغازات**  
هناك أربعة غازات أساسية  
في الغاز الطبيعي،  
بنسب مئوية متغيرة -  
هي في المعدل: ٨٠٪  
ميثان، ٧٪ إيثان، ٦٪  
بروبان و ٢,٥٪ بوتان.

يُخَفِّضُ  
الهِبْ

يُنْقَلُ مَرِيحٌ —  
الغارات والسوانل  
بالأنابيب من بُرج  
الحَقْرِ إلى وَحْدَةِ الْفَصْلِ.

## فَصْلُ الْغَازَاتِ

يُرَالُ شوائب الغاز الطبيعي بوسائل متنوعة.  
فيخفض الضغط لتسيّل بعض الهيدروكربونات  
الثقيلة وتنفصل عن الغاز. كما يُرَالُ الماء  
بالكحول، ويتم امتصاص الكبريت وثاني  
أكسيد الكربون بكميائات خاصة.

يُستخدَم  
البُزِين الطبيعي  
لِصْنَع وَقُودِ الدِيزِلِ

يُستَعملُ البُزِينُ  
ويُنْقَلُ بِأَنْبُوبٍ  
خَاصٍ إِلَى صَهْرِيحِ  
تَخْزِينِ

## الغازُ المُسَيَّلُ

يُستلُّ البيوتان والهرويان بالضغط، لكنهما يتغوّزان  
ثانية بَرّواله. وتعتمد موافد المَحيمات والقوانيس  
والقداحات على الغاز المُستل.

## الشوائب المفيدة

الكيمويات المزالة في تنقية الغاز الطبيعي لها استعمالها أيضا. فالكبريت يُؤفد المادة الأولية لصنع حامض الكبريتيك. ويُستعمل الهيدروجين في صنع الأمونيا. أما الهيليوم، الغاز اللامتعامل والفاقد الخفة، فيُستخدَم في تعبئة المناطيد والتحكم في ضغط وقود الصواريخ.

الدُّمَى البَطِيَّةُ وَأَحْدِيَةُ  
التَّوَلُّجِ الدَّائِنِيَّةِ مَا هُمَا  
إِلَّا نَوْعَانِ فَقَطْ مِنَ  
الْمُنْتَجَاتِ الدَّائِنِيَّةِ  
الكَثِيرَةِ الْمُصَنَّعَةِ مِنَ  
الْإِسْطَر.

يُنْقَلُ الْمِيثَانُ بِالْأَنْبِيَاءِ مُبَاشَرَةً إِلَى  
الْمَدَنِ لِتَرْوِيهَا بِالْوَقُورِ.

في وحدة الاستخلاص يُفصل الميثان عن الغازات الأخرى وعما تنقسم عن سوائل.

تَحْبِيزُ السَّوَابِلِ فِي  
قَاعِ «مَجْمَعِ  
التَّحْلِيلَاتِ».

يُخَفِّضُ الضَّغْطَ لِكِي تَتَسَيَّلَ  
الهِدْرُوكْرِبُونَاتُ  
الثَّقِيلَةُ.

تَقْلُ الْبَوَاجِرُ  
الْمُتَّانِ الْمُسْتَلِ إِلَى

مُخْتَلَفِ الْأَقْصَارِ.

هنا  
أيضاً تدفع  
الحرارة البيوتان إلى  
أعلى العمود، ويُغْرَق السائل المتبقي  
(وهو البنزين الطبيعي) من القاء.

عندما يُحمَى الإيمان، يقدَّر جُريته  
ذرتين من الهدرجين  
متحولاً إلى إيثين.  
الرابطة الثنائية  
بين ذرتي  
الكربون تجعل  
الإيثين أكثر فاعليّة  
من الإيثان وأكثر  
فائدة كمادة أوليّة.

يُسَيَّلُ الْبَيْوتَانِ  
وَيُنْقَلُ بِأَنْبُوبٍ  
خَاصٍ إِلَى صَعْرِ  
تَحْرِينٍ.

يُنْقَلُ الْإِيثَانُ بِاتَّبَابٍ  
خَاصٍّ لِلْمَعَالِجَةِ فِي  
وَحْدَةِ كِسَاوَةِ.

**اللدائن**  
تُستخرج الصناعة الكيماوية العالمية من الغاز الطبيعي والنّفط حوالي ٤٠ مليون طن من الإيثين سنوياً. يتفاعل الإيثين بسهولة مع كيماويات أخرى، أو ذاتياً (باللمرة «الكُوْثرة») لتكوين مدى واسع من المواد اللدائنية.

لزيد من المعلومات انظر

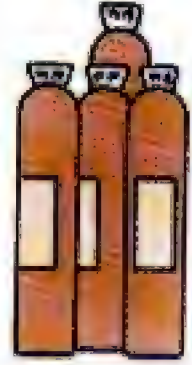
الكربون ص ٤٠  
سلوك الغازات ص ٥١  
فصل المزيجات ص ٦١  
مُتَجَات القُحْم ص ٩٦  
مُتَجَات البُطْط ص ٩٨  
البُطْط والغاز ص ٢٣٩  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# مُنْتَجَاتُ النَّفْطِ

لا يقتصِرُ استعمالُ النَّفْطِ على توفير الطاقة لِتَدْوِيرِ عجلاتِ السيَّارات فقط، بل يتعداهُ إلى تعبيد الطُّرُق التي تسيَّرُ عليها أيضًا. يتواجدُ النَّفْطُ «الرَّيْتُ الخام» طبيعيًّا كسائلٍ أسودٍّ لزجٍ حادِّ الرائحة في باطن الأرض أو تحت البحر. ويتألَّفُ في معظمه من الهيدروكربونات (وهي مُركَّباتٌ من ذرَّاتِ الهيدروجين والكربون) مُترابطةٌ في سلاسلٍ طويلةٍ تكوَّنت منذُ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة من انحلال بقايا الحيوانات والنباتات البحرية المُنْدَثِرة. وقد اكتشفَ الكيماويون في مطلع القرن العشرين أنَّ بإمكانهم فصلَ هيدروكربونات النَّفْطِ المختلفةِ

بالتسخين والتقطير التجزيئي. وهم يُصنِّعون اليومَ آلافَ المُنتجاتِ من الرِّيتِ الخام.



## غازاتُ المِضْطَافَةِ

على ٢٠° س تبقى أربعة هيدروكربونات فقط في الحالة الغازية هي: الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان. ويستخدم بعض الميثان والبروبان وقودًا لإحماء النَّفْطِ في عملية التكرير، لكنَّ معظمه يُستخدم في صنِّع الكيماويات. ويُعبأ البروبان والبيوتان في القوارير وقودًا لمواقد وقناديل الغاز الثقيلة.

## النَّفْثَا



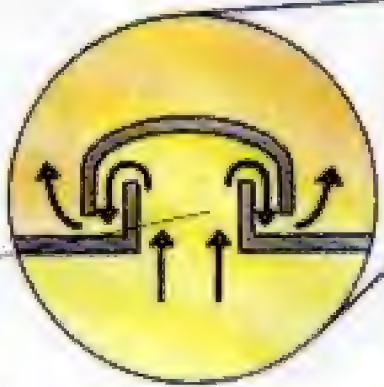
يتكثف هذا السائل الأصفر على درجات الحرارة بين ٧٠° و ١٦٠° س. ويتراوح محتوى جزيئه من ٨ إلى ١٢ ذرة من الكربون، مما يُيسِّرُ استخدامه في صنِّع وقود للسيَّارات والدائن وكيماويات مختلفة من أدوية ومبيدات وأسمدة. كما يُستخدم كمذيب لمعالجة المطاط واستخراج الزيت من البزور.

## رَيْتُ الغاز (السُّولار أو المازوت)

يتكثف رَيْتُ الغاز في مدى حراري يتراوح بين ٢٥٠° إلى ٣٥٠° س، ويحتوي جزيئه من ١٤ إلى ٢٠ ذرة كربون. ويستخدم رَيْتُ الغاز في صنِّع وقود الديزل وزيت التدفئة المركزية. كما يُمكن به الأسفلت لِتَسْهُلِ قَرَشُهُ.



ترتفع الغازات في العمود عبر أكواب الفقاع. فإذا كانت درجة الحرارة خفيفة بالقدر الكافي يتكثف الغاز على الكوب وينساب سائلًا.



يُعبَد الأسفلت سطوح الكثير من الطُّرُق في العالم.

## مُخَلِّقاتُ التَّقْطِيرِ

كُلُّ الهيدروكربونات التي يحتوي الجزيء منها أكثر

من ٢٠ ذرة كربون تتكثف حالما تدخل إلى العمود. ويتم فصل مزيج الهيدروكربونات الثقيلة بالإحماء للحصول على زيت التزليق والفازلين والشَّمْع والفار.

الهيدروكربونات الثقيلة، أو الطويلة السلسلة، سوداء اللون، شمعية، غليظة القوام.



الهيدروكربونات الخفيفة، أو القصيرة السلسلة، باهتة اللون نسبيًا ورفيعة القوام.



## الرَّيْتُ الخام

يحتوي النَّفْطُ مزيجًا من الهيدروكربونات، المتباينة عدد ذرَّات الكربون في سلاسلها. وتغيَّرُ نسب هذه الهيدروكربونات في النَّفْطِ من موقع إلى آخر. فنَّفْطُ الشرق الأوسط يحتوي الكثير من الجزيئات الطويلة، التي تجعله غليظ القوام. أمَّا نَّفْطُ بحر الشمال فالجزيئات الطويلة فيه أقل، وهو أرق قوامًا.

## الغازولين



بين ٢٠° و ٧٠° س يتقطر سائل رقيق القوام يدعى الغازولين أو البنزين. ويتراوح عدد ذرَّات الكربون في هيدروكربونات الغازولين بين خمس وعشر ذرَّات. ويستخدم الغازولين غالبًا كوقود للسيَّارات، لكنَّه يشكل أيضًا مادة أولية لصنِّع اللدائن والمُطَفِّفات.

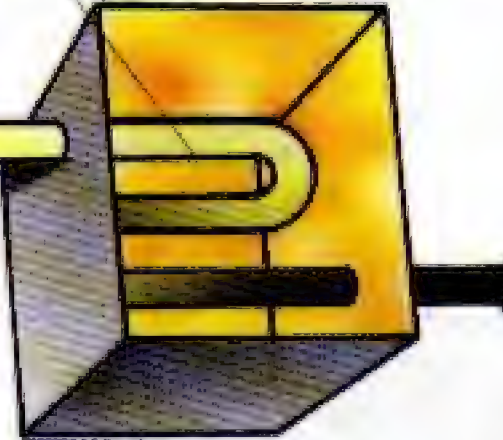
## الكيروسين



يتكثف الكيروسين أو الكاز كسائل زيتي خفيف على درجات الحرارة بين ١٦٠° و ٢٥٠° س. ويتراوح محتوى جزيئه من ١٠ إلى ١٦ ذرة كربون. ويستخدم الكيروسين في صنِّع وقود طائرات لإحراق في المحركات النفاثة. كما يُستخدم للتدفئة والإضاءة وفي مذيبات الدهانات.

يُحمى الزيت الخام في قُرْنٍ إلى حوالي ٤٠٠° س قبل مروره كغازاتٍ إلى عمود التقطير التجزيئي.

## التقطير التجزيئي



عند إحماء الزيت الخام (النَّفْط) إلى درجة حرارة مُعيَّنة تتحوَّل هيدروكربوناتُه إلى غازاتٍ مختلفة. ثُمَّ يعود كُلُّ غازٍ فيتكثف إلى سائل على درجة حرارة مُحدَّدة مختلفة. وهكذا يمكن فصل الزيت إلى أجزائه المُختلفة بالتقطير التجزيئي. يُلْقَمُ الزيت الخام حارًّا على مقربة من قاعدة العمود، فتتكثف الهيدروكربونات الأثقل على الفور وتهبط إلى المستوى السفلي. أمَّا الهيدروكربونات الأخرى، فترتفع بحالتها الغازية عبر العمود حتى تبرد بما فيه الكفاية لِتتكثف سائلًا (على درجات حرارة أقل قليلًا من درجة غليانها). ثُمَّ تُنْقَلُ هذه الهيدروكربونات بالأنابيب للمعالجة اللاحقة.

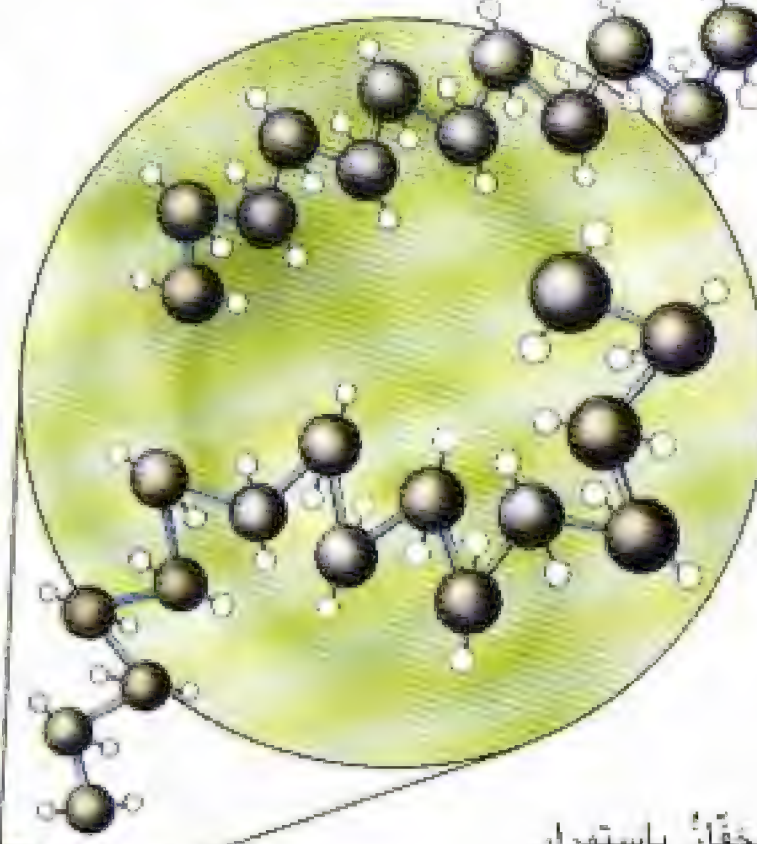


## تفكيك الجزيئات

إن فصل هيدروكربونات النفط بالتقطير التجزيئي يعطينا أكثر مما يمكن استخدامه من الجزيئات الطويلة السلسلة، وأقل مما هو مطلوب من الجزيئات الأصغر كالتفتا والغازولين. أما التكسير المحفز فيُشَقِّق الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة أكثر نفعاً. في عملية التكسير يُحمى الزيت الثقيل تحت الضغط في حجرة تكسير خاصة؛ فتتفكك بعض الروابط بين ذرات الكربون تاركة مزيجاً من الهيدروكربونات ذات السلسلة الأقصر. ونسرّع عملية التكسير باستخدام حفاز كيميائي، كما يمكن إجراء التكسير على درجة حرارة أخفض.

يُدخَل هيدروكربون سبث عشرين ذرات الكربون إلى جهاز التكسير المحفز لتشقيفه إلى مزيج من الهيدروكربونات الخفيفة. وبعد التكسير يُمرَّر المزيج عبر عمود تجزئة لفصل أجزائه.

يتم التكسير صناعياً على نطاق واسع في وحدات تكسير ضخمة.



يُتَلَف الحفاز باستمرار ويُعاد تدويره.

يتمزج مسحوق الحفاز مع الهيدروكربون في بخار الماء.

يُسبِّح الحفاز بترسب القار والكوك عليه خلال عملية التكسير.

البروبين ثلاثي ذرات الكربون، يُستخدم في صناعة اللدائن.

الهبتان شعاعي ذرات الكربون يُستخدم في صناعة البنزين.



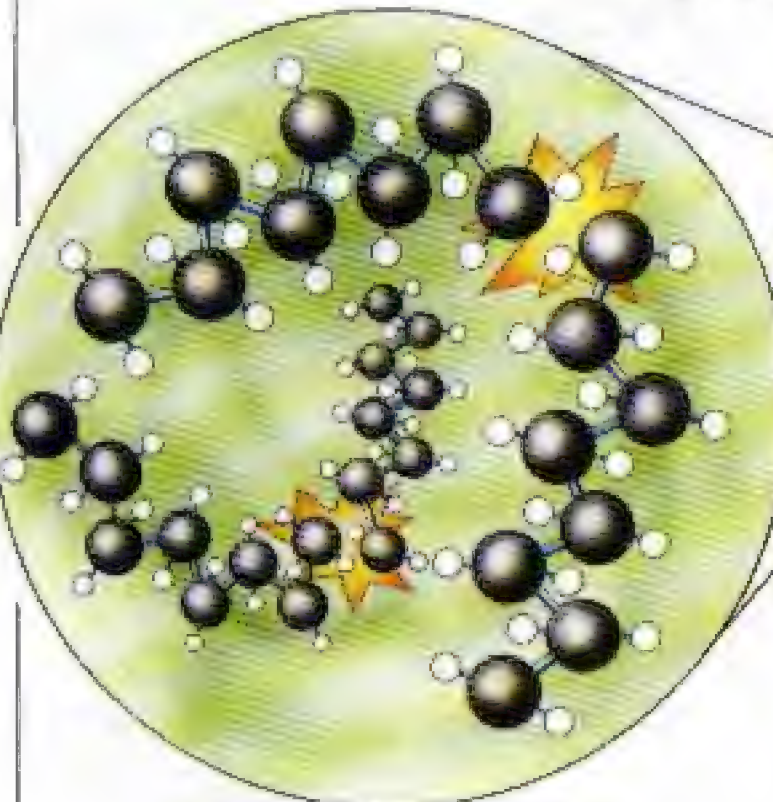
لعب لادائتي من البوليثين

اللدائن

إذا سخن الإيثين تحت الضغط تتراكم مجموعات تضم ٣٠,٠٠٠ أو أكثر من الجزيئات لتكوّن سلاسل طويلة من البوليثين. ومن المواد اللدائنية الأخرى التي تُصنع من الإيثين البولسترين، ويحضر بنزج البنزين مع الإيثين. وأحد استعمالات البولسترين هو في صنع لعب الأطفال المأمونة. كذلك يُصنع كلوريد البوليفانيل من الإيثين والكلور.

## داخل جهاز التكسير

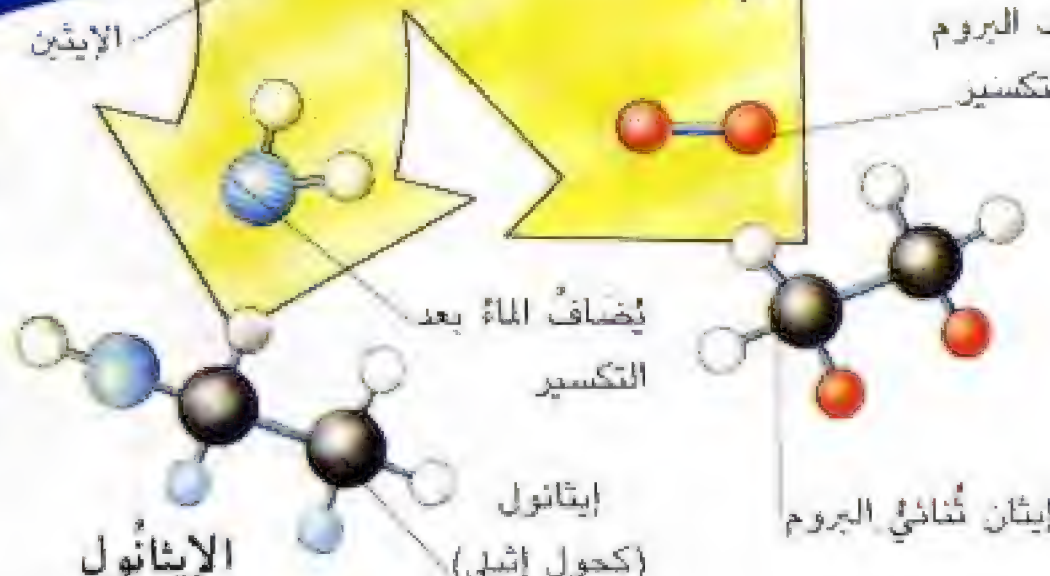
تُمرَّر الهيدروكربونات المُحمَّاة بالبخار فوق مسحوق الحفاز الساخن المؤلف من جل السليكا والألومينا. فيوفر الحفاز سطحاً شاسعاً تتفكك عليه الهيدروكربونات الكبيرة إلى هيدروكربونات أصغر وأكثر نفعاً.



## استعمالات الإيثين المتعددة

تُفصل المركبات بعد التكسير في عمود التجزئة، والإيثين، أحد تلك المركبات، شديد التفاعلية بحيث يستطيع الترابط مع كيمائيات كثيرة أخرى، وحتى مع جزيئات أخرى منه، مكوناً العديد جداً من السوائل والمواد المفيدة.

يتفاعل الإيثين مع الماء لإنتاج مذيب للدهانات والغطور.



الإيثانول

إيثانول (كحول إيثيلي)

يُضاف البروم بعد التكسير

إيثان ثنائي البروم

## مُضاف بنزيني

إضافة البروم إلى الإيثين تُنتج الإيثان ثنائي البروم - ويستخدم هذا كمعزّز لإلاوكتان في وقود المحركات. فهو يمنع اشتعال البنزين قبل الأوان الذي يُسبب «الخطب» ويُقلّل من أداء المُحرّك.



## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- البُورات ص ٣٠
- الصُّخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

يُشجّد الإيثين مع الماء لتحضير الإيثانول، أو الكحول الإيثيلي - المذيب المهم في تصنيع العديد من الدهانات ومُستحضرات التجميل والغطورات والصابون والأصباغ. وإذا أُضيف الأكسجين إلى الإيثانول يُنتج حامض الإيثانويك (أو حامض الخليك) الذي يُستخدم في صنع الألياف الاصطناعية.



# المكثورات (المبلمرات)

ما زالت كرات التيس

تُصنع من

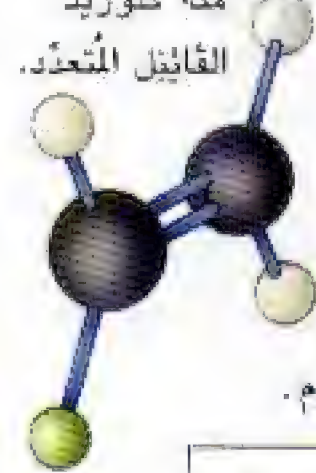
السليولويد.



## السليولويد

خَصَّرَ الكيميائي الأمريكي، جون هيات، السليولويد بتغيير بعض مقومات الباراكسين. واستُخدم السليولويد في صنع إطارات النظارات والأفلام الفوتوغرافية، غير أن لدائن أخرى حلت محله اليوم.

كلوريد الفانيل شديداً التفاعلية بسبب وجود رابط ثنائي بين ذرتي الكربون فيه، وهو الموحود الذي يُصنع منه كلوريد الفانيل المتعدد.



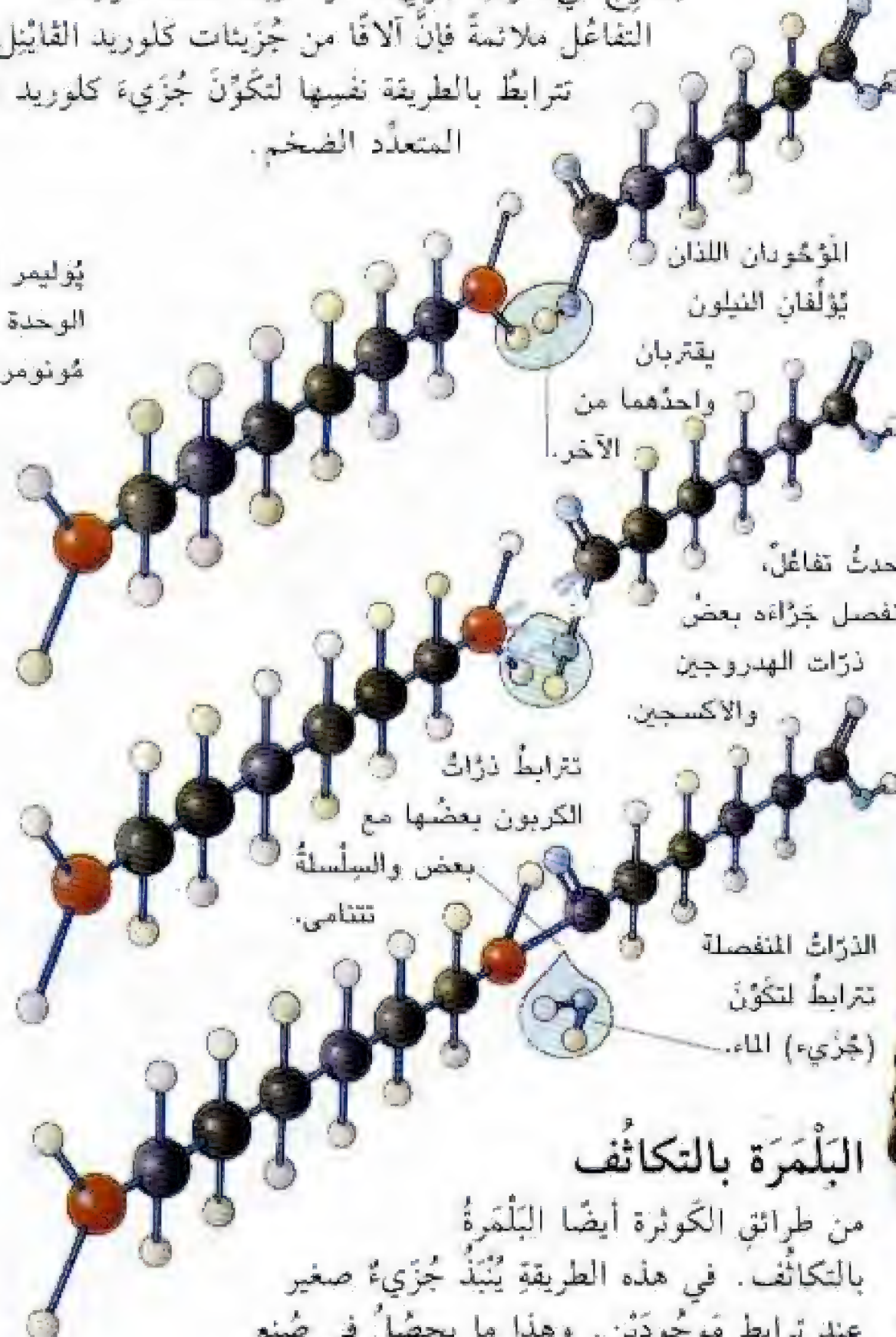
ينشط أحد الرابطين في الرابط الثنائي إلى نصفين - واحد يتصل بالسلسلة، والنصف الآخر بجزيء كلوريد الفانيل الذي يليه.



## البلمرة بالجمع

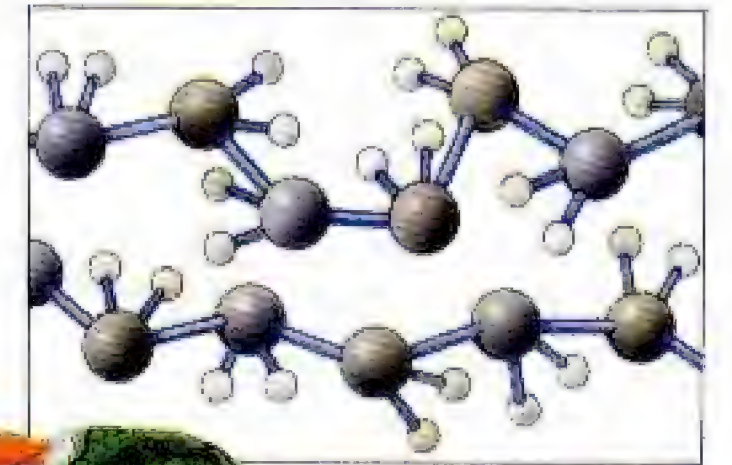
كلوريد الفانيل المتعدد هو المكثور الذي يُستعمل في صنع الأسطوانات الفونوغرافية. وهو يتألف، كما يستدل من اسمه، من موحودات كلوريد الفانيل المبلمرة (أو المكثورة) بطريقة البلمرة بالجمع، أي إن طرف جزيء منه يتشرب في طرف جزيء آخر. وإذا كانت ظروف التفاعل ملائمة فإن ألقاً من جزيئات كلوريد الفانيل تترابط بالطريقة نفسها لتكوّن جزيء كلوريد الفانيل المتعدد الضخم.

يُؤلفان النيلون يقتربان واحدتهما من الآخر. يحدث تفاعل، تنفصل جزيئات بعض ذرات الهيدروجين والأكسجين، تترابط ذرات الكربون بعضها مع بعض والسلسلة تتنامى. الذرات المنفصلة تترابط لتكوّن (جزيء) الماء.



## البلمرة بالتكاثف

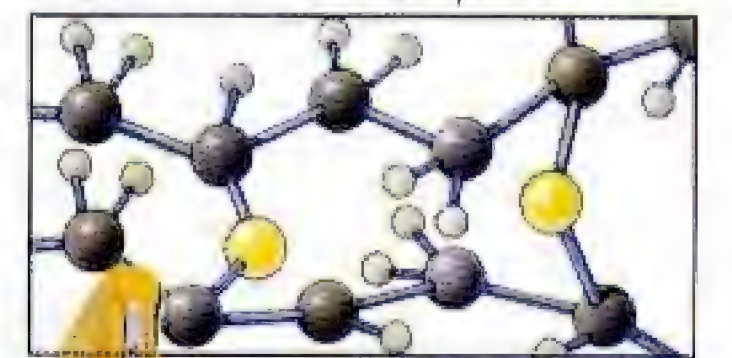
من طرائق الكثرة أيضاً البلمرة بالتكاثف. في هذه الطريقة يُبند جزيء صغير عند تراط موحودين. وهذا ما يحصل في صنع النيلون، فمع كل موحود ينضم إلى السلسلة، يُطلق جزيء من الماء.



هذه الحية الدمية القابلة للنفخ مصنوعة من كلوريد الفانيل المتعدد وهو من اللدائن الحرارية.

## اللدائن الحرارية (المنصهرة بالحرارة)

إن نسق ترتيب سلاسل المكثور يؤثر في سلوكه وخواص المادة اللدائية التي تُصنع منه عند الاحماء. ففي اللدائن الحرارية، تنظم السلاسل جنباً إلى جنب، دون روابط فيما بينها. فعندما تُحمى، تتزلق السلاسل بعضها فوق بعض وتنصهر المادة اللدائية. ثم تعود فتصلب عندما تبرد.



تغلّف

المقومات

الإلكترونية

الدقيقة لهذه

المسجلة

الجسامة في

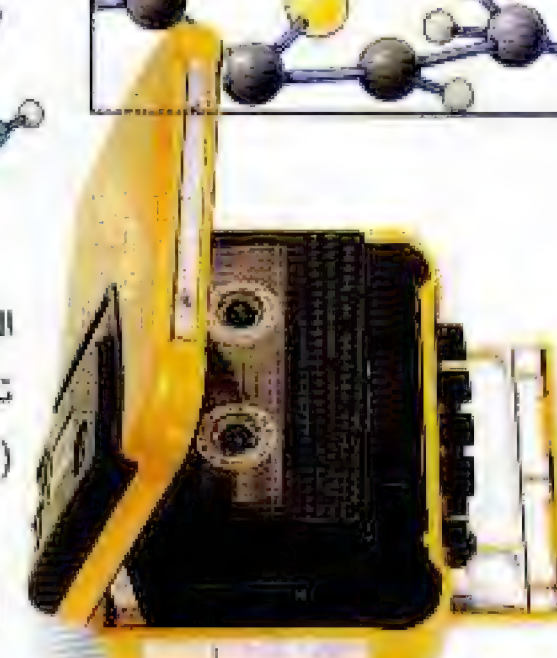
صندوق من

لدينة صلبة -

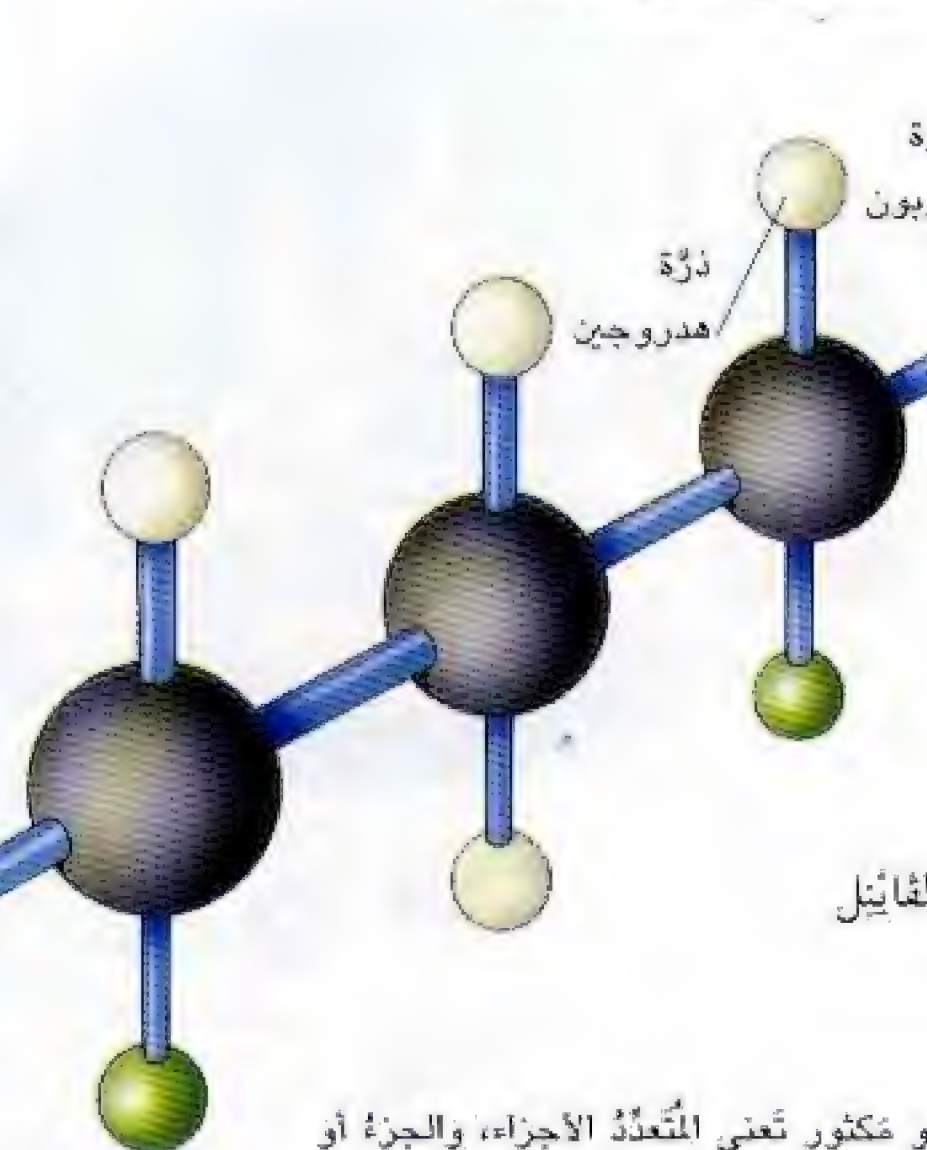
ثابتة حرارياً.

## اللدائن الصلبة - الثابتة حرارياً

المكثورات كالميلامين والسليكون لدائن صلبة ثابتة حرارياً. فسلاسلها المبلمرة مترابطة بعضها مع بعض في تشابك مكين. وهي لدائن غير قابلة للانصهار لأن سلاسلها ثابتة لا تتحرك.



بروتينات الشعر والصوف، كما النشا وسليولوز القطن، مكثورات طبيعية تتألف من جزيئات مرونة قوية طويلة السلسلة. واللدائن هي مكثورات صناعية وحداتها البنائية جزيئات أصغر تسمى موحودات. أولى اللدائن هي الباراكسين المنسوبة إلى مُصنّعها البريطاني ألكسندر پاركس عام ١٨٥٠. لكن إنتاج اللدائن للاستخدام الصناعي بدأ بظهور الباكليت عام ١٩٠٧. واليوم تشمل المكثورات مختلف اللدائن والراتينجات والأقمشة والطلاءات وسواها من الكيماويات؛ وهي تُصنع بتركيب وخصائص متنوعة تلائم متطلبات استخدامها المتعددة المجالات.



يُوليمر أو مكثور تعني المتعدد الأجزاء، والجزء أو الوحدة البنائية التي يتألف منها البوليمر تسمى مونومر أو موحود.

## الحبيبات اللدائية

تُنتج معظم اللدائن للتصنيع على شكل حبيبات أو كريات - فحبيبات البوليسترين بيضاء وحبيبات البوليثلين شفافة. عند صهر هذه الحبيبات يُمكن تلويئها وتشكيلها أشياء حسب الطلب.

## الباكليت

خلال إحدى تجاربه، وجد ليو باكليت (١٨٣٦-١٩٤٤) كتلة مَحْبَصَة لَزْجَة في قَعَر جهاز الاختبار. هذه الكتلة لانت بالتسخين أولاً ثم تصلدت وجُمِدت. وقد حَسَن باكليت من خصائص تلك المادة فصنع منها لدينة مقاومة ومتينة، يُمكن قولبتها بأشكال مختلفة، أسماها باكليت، واستخدم الباكليت لفترة طويلة في صنع آلات التصوير وأجهزة التلفون والمقاييس الكهربائية.





## استعمال المكثورات

المكثورات، بالشكل الحبيبي أو الكروي الذي تُحصَر به، لا تكاد تجد استخدامات عملية تُذكر كما هي. لكنّها بالإحماء تتداخّل معاً لتكوّن مادة سهلة التشكيل متينة جداً وخفيفة جداً تصنع منها مختلف الأدوات المفيدة في شتى المجالات.



### التشكيل بالبتق

تُشكّل الأنابيب والصفائح اللدائنية بطريقة البتق. في هذا النموذج تُساق كريات اللدنة بلولب دوّار إلى السّخانات حيث تنصهر إلى سائل لزج غليظ اللزوجة. ثم يُكبس هذا عبر قالب صوغي مُصنّع ليشكّل أنبوباً (أو لوحاً صفائحياً) يُمرّر نالاً في مبرّد خاص حيث يتصلّب بسرعة.



### المطاط

المطاط مكثور طبيعي، وهو عصاره صمغية القوام تُستخرج من نباتات استوائية مُختلفة. يكتسب المطاط مرونة لوجود ليّات ولقّات في جزيئاته. والمطاط الخام تعودّه المتانة لعدم ترابط جزيئاته بعضها ببعض. ولإحداث هذه الروابط يُغلّك المطاط بالإحماء مع الكبريت. فيتحوّل إلى مطاط مُقوّى تحتلّ الإطارات المصنوعة منه مختلف أنواع الصدم والمظل دون تمزّق.

تُصنع أميال من الأنابيب بواسطة مكنة البتق.

### القوالب

تحوّل اللدائن إلى أشكال خاصة بالقوالب. ففي مكنة القوالب يدفع المكبس الكريات اللدائنية إلى حيث تصهرها السّخانات، ويضغط السائل اللدائني الحار إلى قالب التشكيل. ثم يُبرّد الماء القالب فتصلّب اللدنة.

تنتج مكنة القوالب قرابة ٩٠ من حوّل الدراجين في الساعة.



### مكنة تشكيل خوائية

تُصنع الأشكال اللدائنية المعقّدة من صفائح لدائنية بالتشكيل الخوائي. تُمدّ الصفائح اللدائنية فوق قالب التشكيل قبلها السّخان. وعندما تُسقط مضخة التفريغ الهواء من القالب تندفع الصفائح اللدائنية المتليّنة إلى داخل القالب بضغط الهواء فوقها. وبعد البريد، تُشال اللدنة المشكّلة من القالب.

### ستيفاني كوك

حققت ستيفاني كوك، الكيماوية الأمريكية، (من مواليد عام ١٩٢٣) عدّة اكتشافات في مجال المكثورات. فاكشفت مدياً لتصنيع ألياف الكيفلار الخفيفة جداً والأمتن من الفولاذ. وتُستخدم هذه الألياف في بناء السفن الفضائية وصنع الصداري التي لا يخترقها الرصاص.



### إعادة تدوير اللدائن

يمكن إعادة تدوير بعض اللدائن كما هي الحال في برّيقانات البوليثين المُستعملة في صنع قوارير المياه، حيث تُجمّع بالآلات وتُغلف، ثم تُنقّش جذّازات يمكن إعادة استخدامها. أمّا القوارير اللدائنية الدوّكة (الحلولة حيويّاً) فتُصنع من مكثور الغلوكوز؛ وهي تنفكّ بفعل البكتيريا في مكبات النفايات، إلى ماء وثاني أكسيد الكربون.

### لزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- مُنتجات النفط ص ٩٨
- الألياف ص ١٠٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الأصباغ والخضب

يتطلب صنع غرام واحد من الصبغ الأرجواني لشملة إمبراطور روماني ٩٠٠٠ قوقع.



العالم من حولنا يزدهر بالألوان، فمعظم الأشياء قد تمّ تلوينها بالأصباغ أو طلاؤها بالخضب. تلون الأصباغ ألياف الملابس والورق والجلد وبعض الأطعمة. فهي بدوبانها في الماء تستطيع اختراق نَحَارِبِ الألياف وفُروجها حيث تترابط مع النسيج في تفاعل كيميائي. أمّا الخضب فهي جسيمات مُلوّنة غير ذوّابة في الماء. لذا فهي تغطي سطح المادة فقط دون أن تتفاعل معه كيميائيًا. وتُستخدم الخضب في صنع الدهانات وجبر الطباعة وتلوين اللدائن.



يُصدر الحبار (وهو حيوان من الرخويات كالأخطبوط) جبرًا ذا خضب طبيعي أسود ليختفي عند الخطر.

تتألف الخضب في هذا الجبر من كيمائيات عضوية.

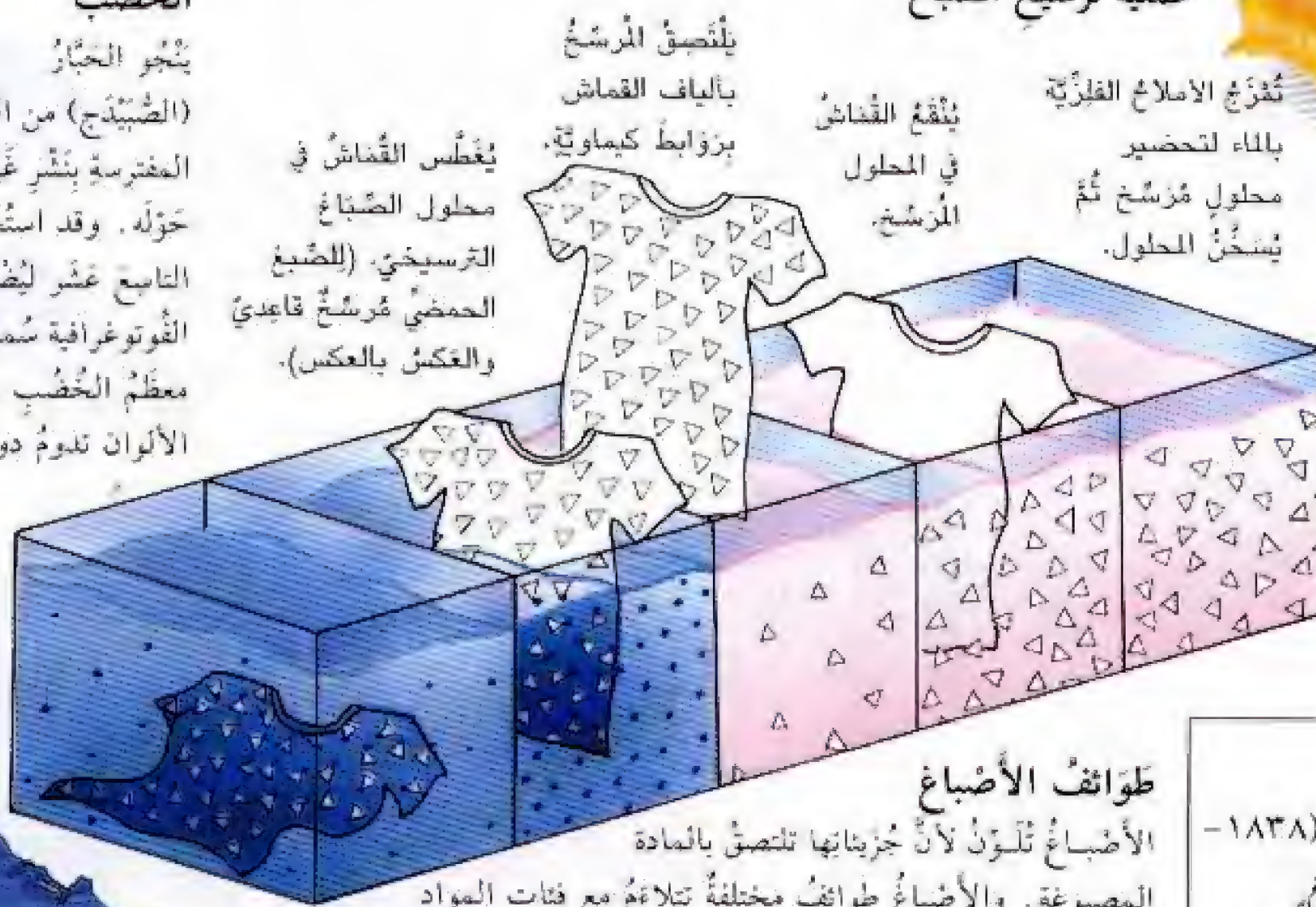
## الخضب

يُجبر الحبار

(الصبغ) من الحيوانات

المفترسة ينشر غيمّة من الجبر الأسود حوله. وقد استخدم هذا الجبر في القرن التاسع عشر ليضفي على الصور الفوتوغرافية سُمرة خفيفة. أمّا اليوم، فتُصنع معظم الخضب من كيمائيات عضوية زاهية الألوان تدوم دون نُصول طويلة.

يتكوّن رابط كيميائي بين المرشّح والصباغ يُرسّخ الصباغ بالقماش.



## عملية ترسيخ الصباغ

تُغرس الألياف القلزيّة

بالماء لتحضير

محلول مُرسّخ ثمّ

يُنشّخ المحلول.

يُنشّخ المرشّح

بألياف القماش

برباط كيميائي.

يُغسل القماش في

محلول الصباغ

الترسخي (للصنع

الحمضي مُرسّخ قاعدي

والعكس بالعكس).

يُنشّخ القماش

في المحلول

المرشّح.

## الأصباغ الطبيعية والاصطناعية

هنالك الآلاف من الأصباغ المختلفة - الطبيعية منها نباتية تُستخرج من نباتات كالقوة والبلحاء وجنستا الصباغين، أو حيوانية تستخلص من المحاربات كقوقع ميوركس. أمّا الأصباغ الاصطناعية فتُصنع بكثرة أو كلورة (إضافة الكبريت أو الكلور) إلى الكيمائيات اللألونية المُستَظفّرة من النُقط أو قار الفحم.

## وليم بيركن

اكتشف الكيمائي البريطاني، وليم بيركن (١٨٣٨-١٩٠٧)، صدفًا، أوّل صبغ اصطناعي في محاولاته تخليق الكينين. فقد استخلص مادة أرجواني الأنيلين من المزيج الذي كان يعمل عليه، ووجد أنها تصلح لصبغة الحرير؛ فسماها موف، وأسس مصنعًا لتحضيرها - فكان ذلك بداية لهذه الصناعة.



## طوائف الأصباغ

الأصباغ تُلون لأن جزيئاتها تلتصق بالمادة المصبوغة. والأصباغ طوائف مختلفة تتلاءم مع فئات المواد المختلفة. فالأصباغ المباشرة تعطي أفضل النتائج في المنسوجات التي تُغسل من وقت إلى آخر فقط كالستائر، بينما أصباغ الراقد مثالية للأقمشة التي تخضع للغسل المتكرر. أمّا الأصباغ الترسخية فلا تعمل مُستقلة، بل بمساعدة إضافة كيمائية (مركب قلزي) تثبت جزيئات الصباغ في القماش.

يترسّخ الصباغ فلا يحول لونه بغسل القماش.

## الدهانات

كل دهان يحوي خضبًا مُلوّنًا ورباطًا راتنجيًا يُثبت الخضب في مكانه، ومُذيبًا يُسهّل انسياب الدهان. بعض الدهانات مُذيبها الماء، بينما مُذيب الدهانات الصقيلة واللماعة هو الكحول الأبيض - ممّا يُكسبها رائحة قوية مُميّزة.



دهان مائي

دهان صقيلي

دهان مُستحلب

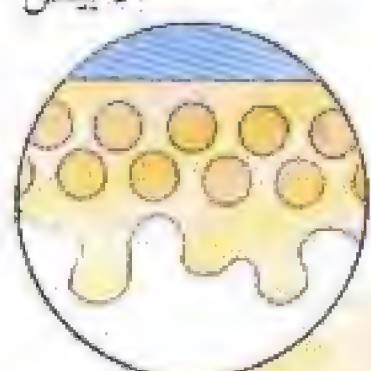


٢ - يُمرّج الخضب برابط راتنجي أو غروي ليتنشر الجسيمات بالتساوي.

١ - جسيمات الخضب تُكسب الدهان لونه. يبلغ قطر الجسيم في هذا المسحوق جزءًا من مليون من السنتيمتر.

## جفاف الدهان

عندما يُترد السطح المطلي ليُجف، يتبخر مُذيب الدهان في الهواء، تاركًا جسيمات الرباط الراتنجي والخضب أكثر تقاربًا. فتتفاعل هذه مُكوّنة طبقة متينة صامدة لتقليات الطّقس. وغالبًا ما يحوي الدهان أيضًا خضبًا أبيض يُنشّط الضوء نحو أعيننا، فترى اللون أكثر وضوحًا.



٥ - يُثبت الرباط الراتنجي جسيمات الخضب في مكانها.



٤ - جفاف الدهان يتبخر المذيب يُقرّب كيمائيات الدهان وخضبه بعضها من بعض.

٣ - يُنشّط الدهان داخل تجاويف السطح الدقيقة ويختبئ فيها.



لقطة عن قرب لسطح قُيد الطلاء

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- المحاليل ص ٦٠
- مُنتجات الفحم ص ٩٦
- مُستحضرات التجميل ص ١٠٣
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ

استخدم المصريون القدماء مُسْتَحْضَرَاتِ تجميل من مساحيق المعادن لتغيير ملامحهم منذ العام ٥٠٠٠ ق.م. . واليوم تُسْتَحْدَمُ هذه المَزُوقَاتُ على نطاقٍ واسعٍ، وهي تُصَنِّعُ من مَزِيجَاتٍ من الكيماويات المُسْتَخْلَصَةِ في مُعْظَمِهَا من المُتَّجَاتِ النَّفْطِيَّةِ. وتُضْرَبُ هذه مع النباتات والزُّيُوتِ والشَّمُوعِ ومسحوقِ الطَّلَقِ والطينِ ومُرَكَّبَاتِ فِلْزِيَّةٍ مُتَنَوِّعَةٍ. وقبل تسويق أي مُسْتَحْضَرٍ جديد تُبْذَلُ جُهُودٌ فائقةٌ وتُجْرَى تجاربٌ عديدةٌ لِضَمَانِ سلامة استخدامه. وتُسْتَدُّ صرامةُ الضوابطِ في المَزُوقَاتِ التي تُماسُ الفم، كأحمرِ الشِّفاه. في الماضي كان يُجْرَى اختبارُ هذه الكيماوياتِ على الحيوانات، أما اليوم، فلدى مُعْظَمِ الشَّرَكَاتِ المُتَخَصِّصَةِ مختبراتها المُتَطَوِّرةُ لاختبارِ هذه المُنتَجاتِ.



## مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ قَدِيمًا

المُتَأَثِّقَاتُ في مصر القديمة كُنَّ يَسْتَحْدِمْنَ الكُحْلَ (وهو الغالينا أو كبريتيد الرصاص الطبيعي) لِتَسْوِيدِ شُعُورِهِنَّ وَحَوَاجِبِهِنَّ وَأَهْدَابِ أَجْفَانِهِنَّ، وَيَمَسْحَنَ أَجْفَانَهُنَّ بِمَسْحُوقِ المَلَكِيَّةِ (وهو كُربوناتُ النُّحاسِ القاعدية) كَمُظْلِلٍ لِلْعَيْنَيْنِ.

نُزَوُّوْا من خُضْبٍ بِيضَاءٍ، يُكْسِبُ الجِلْدَ مَلَاسَةً وَنُعُومَةً.

المُطْرِبَاتُ القَشْدِيَّةُ تَنْبُثُ المَزُوقَاتِ الأُخْرَى على الجِلْدِ.

## قَبْلَ المَكْيَاجِ (النَّزْوِيقِ) وَبَعْدَهُ

عُولِجَ نَصْفُ وَجْهِ هَذِهِ العَارِضَةِ بِالمَزُوقَاتِ لِتَبْيَانِ تَأْثِيرِهَا فِي تَغْيِيرِ مَظْهَرِ الوَجْهِ وإِطْلَالِهِ. البَدَايَةُ كَانَتْ بِمُطَرِّ قَشْدِي كَأَسَاسٍ لِلْمَكْيَاجِ وَتَبْيِيتِ المَزُوقَاتِ. ثُمَّ اسْتُخْدِمَ مَزِيجٌ مِنَ الدُّزُورِ الزُّهْرِيِّ والأَصْفَرِ والأَبْيَضِ، لِغُطْيِ وُسُومِ الجِلْدِ مِنْ زُرْقَةٍ تَحْتَ الْعَيْنَيْنِ، أَوْ احْمَرٍ بِالأَوْعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ القَرِيبَةِ مِنْ سَطْحِ الجِلْدِ.



تُظْلِلُ الحَاجِبَيْنِ وَتُخَطِّطُهُمَا بِرُزٍّ فَيَنْتُجِمَا بِشَكْلِ لَافِتٍ.

مُظْلِلُ الْعَيْنَيْنِ هَذَا يَحْوِي خُضْبًا فِلْزِيَّةً تَغْطِي الجَفْنَ الأَعْلَى.

مُخَطَّطُ الأَجْفَانِ الأَسْوَدُ يَكْجِلُ الْعَيْنَيْنِ وَيَزِيدُهُمَا حُسْنًا وَإِشْرَاقًا.

خُضْبُ المَاسْكَارَا المُسَوَّدُ يُبَرِّزُ أَهْدَابَ الْعَيْنَيْنِ.

تَحْوِي الخُمُرَةُ خُضْبًا بُيَظَّةً وَفَرْنَفَلِيَّةً تَلَوِّنُ الخُدَّيْنِ.

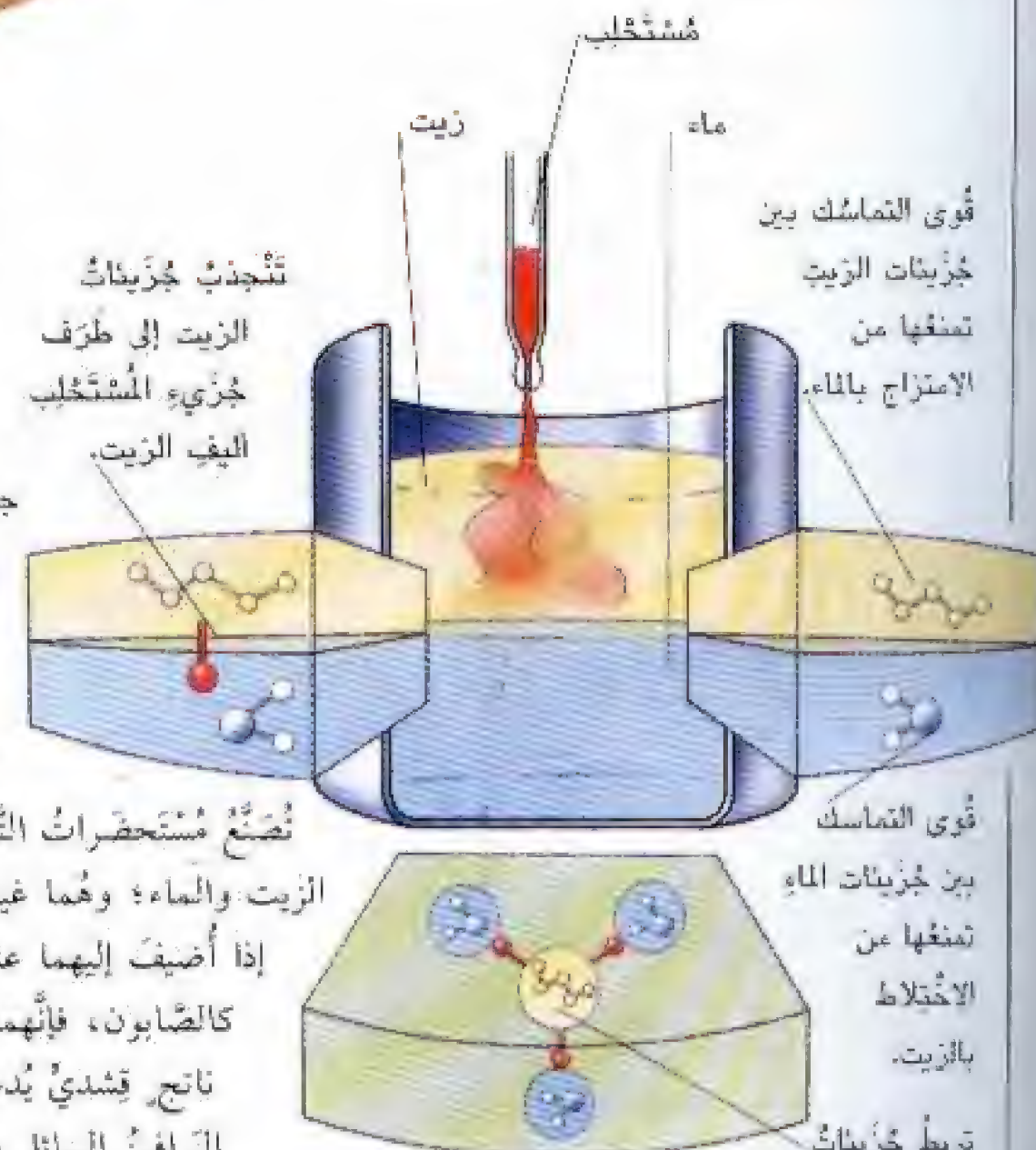
تُخَطَّطُ الشِّفَاهُ بِقَلَمِ التَّخْطِيطِ وَيَحْوِي أَحْمَرُ الشِّفَاهِ الخُضْبَ المَكْتَلِّةَ لِلْوَنِ الجِلْدِ والشَّعْرِ.

هَذِهِ بَعْضُ مُسْتَحْضَرَاتِ التَّجْمِيلِ الَّتِي تَشَاهِدُهَا السِّيَّاحَاتُ فِي أَيِّ مَحْزَنِ كَبِيرٍ وَمِنْ كُلِّ صِنْفٍ مِنْهَا دَرَجَاتٌ لَوْنِيَّةٌ مُتَنَوِّعَةٌ لِثَلَاثَةِ جِلْدِ الزَّبُونِ.

تُجَذَّبُ جَزَيْئَاتُ المَاءِ إِلَى طَرَفِ المُسْتَحْلَبِ الِيفِ الزَّيْتِ.

## المُسْتَحْلَبَاتُ

تُصَنِّعُ مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ غَالِبًا مِنَ الزَّيْتِ والمَاءِ؛ وَهُمَا غَيْرُ مُزَوَّجَيْنِ. لَكِنْ إِذَا أُضِفَ إِلَيْهِمَا عَامِلُ اسْتِحْلَابٍ كَالصَّابُونِ، فَإِنَّهُمَا يَمْتَزِجَانِ فِي نَاتِجٍ قَشْدِيٍّ يُدْعَى مُسْتَحْلَبًا. الِيفَافِيُّ السَّائِلُ وَالْفَازِلِيْنِ، (مَنْ التَّقَطُّ)، وَزَيْتُ الجَزْوَاعِ وَاللَّانُولِيْنِ (دُفْنُ الصُّوفِ) تَزَلِفُ الجُزْءَ الزَّيْتِيَّ مِنْ أَيِّ مُسْتَحْلَبٍ.



## عَنَاصِرُ مُسْتَحْضَرَاتِ التَّجْمِيلِ

يَحْوِي مُسْتَحْضَرُ التَّجْمِيلِ عَادَةً مَزِيجًا مِنَ المَوَادِّ الكِيْمَاوِيَّةِ. فِطْلَاءُ الأَفَافِرِ، مَثَلًا، يَحْوِي ١١ مَادَّةً كِيْمَاوِيَّةً عَلَى الأَقَلِّ - مِنْ رَاتِينِجٍ وَمُلْدَنٍ وَمُذْيَبَاتٍ وَخُضْبٍ. كَمَا يَحْوِي المُطْرِبُ القَشْدِي (الْأَسَاسُ) ٢٣ مَادَّةً كِيْمَاوِيَّةً؛ وَهُوَ مُسْتَحْلَبٌ مِنَ الزَّيْتِ فِي المَاءِ، يُصَنَّمُ مَزِيجًا مُعَقَّدًا مِنَ الحَوَاضِ والكُحُولَاتِ.

الْأَفَافِرُ جُزْءٌ قَاسٍ نَوْعًا مِنَ الجِسْمِ، لِذَا يَحْوِي طِلَافُهَا مَوَادَّ كِيْمَاوِيَّةً لَا يَصُحُّ اسْتِعْمَالُهَا فِي سِوَاهَا. يَتَأَلَّفُ طِلَافُ الْأَفَافِرِ عَادَةً مِنْ خُضْبٍ فِي قَذِيبِ غُضُوبِي كَالْأَسِيْتُونِ.



## لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- المُرَكَّبَاتُ وَالْمَزِيجَاتُ ص ٥٨
- المَحَالِيلُ ص ٦٠
- الصَّابُونُ وَالْمُنْظَفَاتُ ص ٩٥
- مُتَّجَاتُ الفُخْمِ ص ٩٦
- الأَصْبَاحُ وَالخُضْبُ ص ١٠٢
- خَفَافٌ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦



# الكيمياء في الطب

يتألف جسمك من آلاف المواد الكيميائية المختلفة التي تعمل بانتظام؛ فإذا اختل نظامها تمرض. وحينئذ يتدخل طبيبك للمعالجة بإعطائك مزيداً من الكيماويات بشكل عقاقير. وأمثلة هذه المعالجة ليست أمراً جديداً. فمنذ أكثر من ٢٠٠٠ سنة، استخدم الناس في بلاد ما بين النهرين قرابة ٢٥٠ نبتة مختلفة و ١٢٠ معدناً لمعالجة الأمراض. وكان الكثير منها لا يزال قيد الاستعمال في القرن التاسع عشر، عندما جعلت خلاصة هذه الكيماويات أقراصاً علاجية. لكن بعض هذه العلاجات أحدث أعراضاً مَرَضِيَّةً كتأثيرات جانبية. ويحرص العلماء اليوم على تصنيع كيماويات مماثلة للطبيعية لا تحدث تأثيرات جانبية.

منذ أكثر من ٢٠٠ سنة، كان يُستخدم نقيع مُحَمَّر من أوراق القمعية (ديجيتاليس) لمعالجة المصابين بَقُصور القلب. وبعد العديد من السنين، تبين أن تلك الأوراق تحوي عقاراً يُدعى ديجيتوكسين لا يزال يُستعمل في معالجة قُصور القلب حتى اليوم.



## العقاقير الطبيعية

استعمل الطبيب اليوناني، أبقراط، لحاء الصفصاف كمُخَفِّفٍ للألم (رغم أنه يُهَيِّج المعدة) منذ العام ٤٠٠ ق.م. والمعروف أن لحاء الصفصاف يحوي مادة كيميائية تدعى حامض الساليسليك. وقد تمكن الكيميائي الألماني، فيليكس هوفمان في عام ١٨٩٣، من تصنيع مادة كيميائية من قار الفحم مُماثلة تماماً لحامض الساليسليك، وذات تأثيرات جانبية أقل. ويُعرف هذا العقار اليوم بالأسبرين؛ وتستهلك منه سنوياً ما يزيد على ١٠٠,٠٠٠ مليون قرص في سائر أنحاء العالم.



## مراحل تطوير العقار

في صنع عقار جديد لمعالجة مَرَضٍ مُعَيَّن، قد يُختار للمرحلة الأولى من الاختبارات قرابة ٣٠ مادة كيميائية مُستخلصة من كيماويات نباتية أو مُحَبَّرَةٍ. وتجري الاختبارات على مدى ثلاث سنوات لتَحَرِّي الآثار السُمية لتلك الكيماويات التي قد تتفكك مثلاً، لتكوّن موادَّ مُؤذية. وتنتهي هذه المرحلة عادةً باختيار بضعة الكيماويات التي تجتاز هذه الاختبارات بنجاح.



## اختبارات المتابعة

الكيماويات التي تجتاز اختبارات العقار الأولى، يُعاد اختبارها بعناية وجرّص على أناسٍ أصحاء لاستقصاء تأثيراتها الجانبية. فتُجعل عَيِّنَات من كُلِّ مادة منها مُبَيَّعة قليلاً، لِيُفْتَنَ مَسَارُها في الجسم بواسطة عدّادٍ جَيِّجٍ.

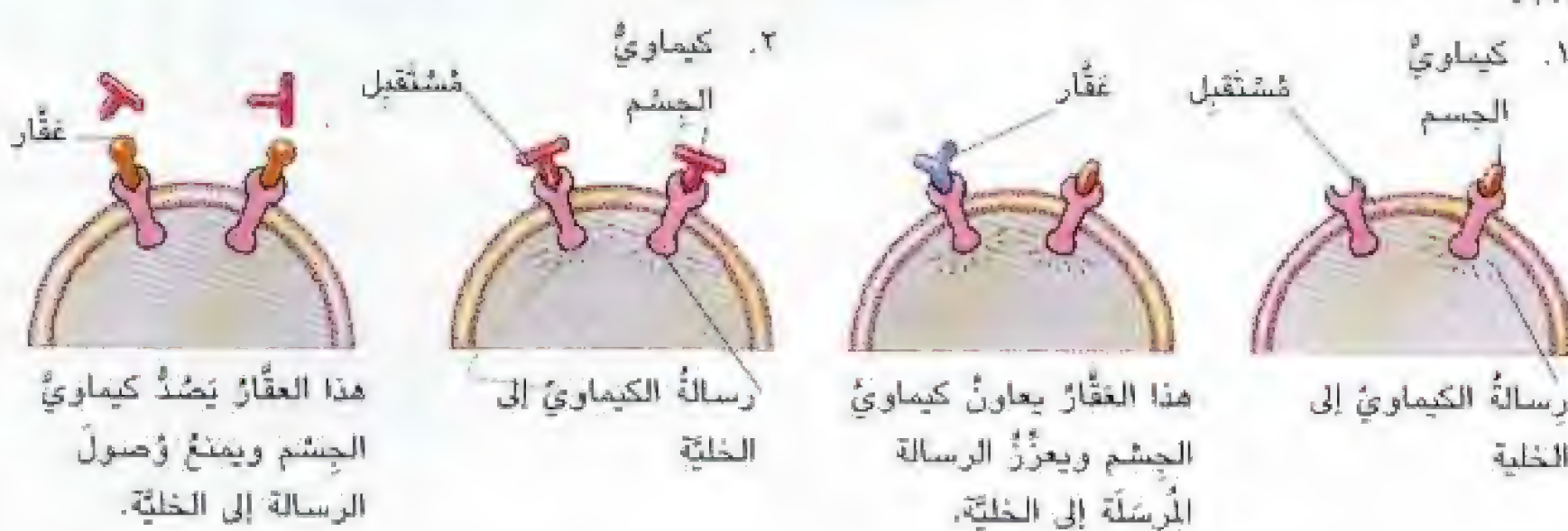
## بول إرليخ

رَكَّز الطبيب الألماني، بُول إرليخ (١٨٥٤-١٩١٥)، أبحاثه لإيجاد علاج نوعيٍّ سحريٍّ يَقْتُلُ الجراثيم المُسبِّبة للمَرَض، ولا تتأثر به خلايا الجسم البشري. وارتأى أن الأصباغ النوعية الملونة للجراثيم دون سواها من الخلايا قد تكون نقطة البداية. وكان صِبْغُ «تريبان» الأحمر المَصْنَعُ أَوَّلَ مكتشفاته لمعالجة مَرَضِ النُوم. ثُمَّ أتبعه لاحقاً بكيماويٍّ مِثْلٍ لمعالجة الداء الإفرتنجي (السُّفْلِس) أسماء «سالفارسان».



## اختبار الاعتماد

بعد ثماني سنوات من الاختبارات، يُختارُ العقار الأفضل، وتُعطى أقراص منه إلى مجموعة من المَرَضَى. فيما تُعطى مجموعة ثانية عقاقير عُفْلاً (غير فعالة)، وتُقَيَّمُ فعالية العقار بمُقارَنة المجموعتين.



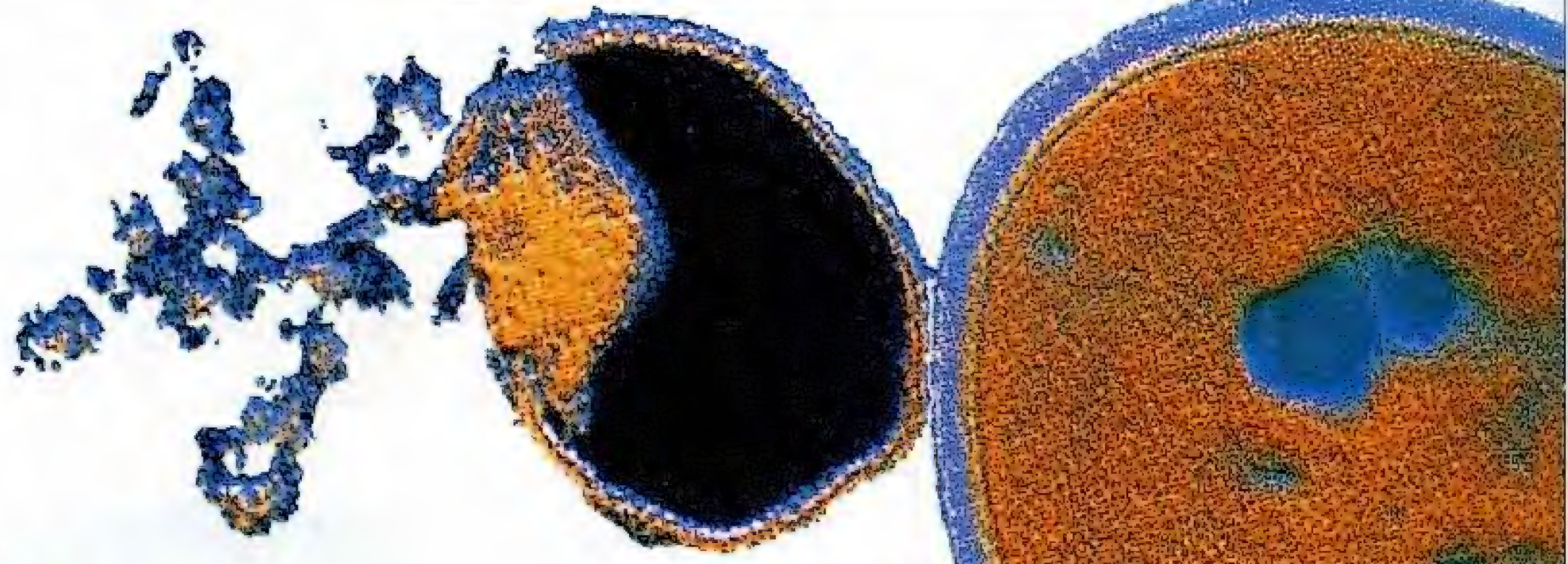
## كيف تعمل العقاقير؟

لكل من خلايا الجسم مُسْتَقْبَلَات على سطحها. ويُعتقد أن بعض العقاقير تتفاعل مع هذه المُسْتَقْبَلَات. فالأدرينالين، وهو مادة كيميائية يُنتجها الجسم، يُسرِّع خفقان القلب في أوقات الإجهاد. فالعقار المُسمّى ساليوتامول مثلاً، يُرخي عضلات الرئة مِرافَقاً الأدرينالين على مُسْتَقْبَلَات خلايا تلك العضلات؛ بينما العقار المُسمّى بَرُورَنُولُول يَشُدُّ مُسْتَقْبَلَات خلايا عضلات القلب، ويمنع الأدرينالين من الوصول إليها، وبذلك يمنع القلب من الخفقان بمستويات خطيرة.





جُذري الماء داء  
تُسببه بعض  
الحُمات  
(الفيروسات)



## الحُمات (الفيروسات)

الحُمات مُتعضّيات مجهرية دقيقة تسبب أمراضًا مختلفة كجُذري الماء (الحُمق) والإنفلونزا والوكام. وهي إذ تعيش داخل خلايا الجسم، فإنه يتعدّد تخليق عقاقير تقضي عليها، دون الإضرار بالشخص المُعالج. لذا تُصنّف مُضادّات الحُمات كي تحجّب الكيمويّات التي تحتاجها الحُمة للتكاثر. وتُجرى حاليًا تجارب لمُكافحة حُمة الإيدس الصعبة المراس بِعقار مُناسب.

## الحُمات

(الفيروسات) لا تتأثّر بالمُضادّات الحيوية، فنقاوُشها بالعقارات المُضادّة للحُمات.

تُجسّل بالألم لأن جهازنا العصبيّ يتبعّد رسائل من الجزء المُصاب في الجسم إلى الدماغ. وتُشتعلُ عقاقيرُ الشَّيخ لوقف تلك الرسائل فتُخدِّر الألم.

## البكتيريا

البكتيريا مُتعضّيات مجهرية تسبب أمراضًا والتهابات كما في التهاب اللوزتين، ويمكن القضاء عليها بواسطة كيمويّات تُعرف بالمُضادّات الحيوية. وكانت المُضادّات الأولى كالبنسلين تُحضّر من العفن والفطر؛ أمّا اليوم، فتُخلّق مُعظم المُضادّات من كيمويّات أخرى. وتعمل المُضادّات الحيوية أساسًا بإحدى طريقتين - إما بمنع البكتيريا من تخليق جذرائها الخلوية، أو بِعرقلة الأنشطة الكيمائية داخل خلاياها.

انجلاز  
البكتيريا  
بفعل المُضادّ  
الحيوي

تُفرّج القلبيّ المُقرط أحيانًا بالمُهدّئات، كالديازيبام والبنترازيبام، وهي كيمويّات تتعامل مع كيمويّات الدماغ. لكنّ هذه المُهدّئات قد تبعّد على الإدمان.

## كيمويّات الجسم

يُفرّز الجسم السليم عددًا من الكيمويّات المُتباينة لِلتَحكُّم في وظائف أجهزته المختلفة. والخلل في كميّة أحد هذه الإفرازات، إفراطًا أو نقصًا يُسبب عِللًا مُعيّنة. والكثير من العقاقير هي كيمويّات مُصنّمة لمُعالجة الاعتلال المُعيّن بِمُعاونة كيمويّات الجسم على إعادة الجهاز المُختل إلى وضعه الطبيعيّ.

يتسبّب الإجهاد أحيانًا بإنتاج كمّيّات كبيرة من الحامض المعوي الذي قد يُسبب القُرحة. والاقراض المُضادّة للحموضة تُخفّف من هذه الحمضيّة؛ أمّا العقاقير المُستفّدة مُحصرات هـ فتوقّف إنتاج الحامض.

## مُكافحة المَرَض

١٧٩٦ أجرى الطبيب الإنكليزيّ، إدوارد جُئر، أوّل تلقّح ضدّ الجُذريّ.  
١٨٩٧ اكتشف العالم الإنكليزيّ، جوزيف لِسْتِر، أوّل مُطهر يُستعمل على نطاق واسع - هو حامض الكربوليك.  
١٩٢٨ اكتشف العالم الاسكتلنديّ، ألكسندر فليمنغ، أنّ فطر البنسليوم يقتل البكتيريا. وأدّى هذا الاكتشاف لاحقًا إلى استخلاص البنسلين كمُضادّ حيويّ فعّال.  
١٩٣٢ طوّر الكيمائيّ الألمانيّ، جير هارد دوماغ، أوّل عقار اصطناعيّ لقتل البكتيريا (هو عقار السلفا).  
١٩٤١ نجح الطبيب الأستراليّ هوارد فلوري والألمانيّ إرنست تشين في استخلاص البنسلين ونحضيره بكمّيّات وفيرة.



## المُطهرات

قد تتلوّث الجروح بالجراثيم المؤذية إذا لم تُعالج نَواً بأحد المُطهرات لِتقضي عليها، ويتمّ ذلك بطرقٍ عدّة. فالكحول الذي يفرّكه الطبيب على جلدك قبل الحُقنة يقضي على الجراثيم بتفكيك البروتين الذي تتألّف منه خلاياها.

في نوبة الربو، تضغطُ عضلات دقيقة في الرئتين على مجاري الهواء، فيتعدّد التنفّس. وعندما يُشتدّ عَقَارُ السالبيوتامول، ترتخي تلك العضلات ويتيسّر التنفّس.

التحكّم بكيمويّات الجسم تقوم به الغُدّة كالبنكرياس. فالانسولين مثلاً، يعمل على جفّظ مخزون من السُكّر في الكبد. وفي الداء السُكّري يقلّ إنتاج الانسولين فيتوجّب عندئذٍ حقن المريض بكميّة إضافية منه.

## لمزيد من المعلومات انظر

كيمياء الجسم البشريّ ص ٧٦  
الحُمات (الفيروسات) ص ٣١٢  
الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣  
الرئيسات ص ٣٣٦  
الخلايا ص ٣٣٨  
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

التهاب المفاصل يُنتج من التهاب أنسجتها فتقدو مؤلّة. باستعمال العقاقير المُضادّة للالتهاب كالآشبرين تُحجّب كيمويّات الجسم التي تُسبّب تورّم المفاصل.



تُخلّق خلايا الدّم البيضاء بالانقسام الخلوي في الجهاز اللمفاوي. وإذا اختلّ هذا الانقسام، فقد تنتج خلايا سرطانية تسبّب ابيضاض الدّم (اللوكيميا). ويمكن مُكافحة ذلك باستعمال عقاقير سامّة للخلايا تعرقل انقسام وتنامي الخلايا السرطانية.



# المواد اللصوقة

استعملات المواد اللصوقة عديدة ومتنوعة - من الدبقي على قفا الطوايح البريديّة وسُدول ظروف الرسائل، إلى الصمّوغ التي تشدّ صفحات هذا الكتاب، أو الغراء الذي يقوّي وصلات الكرسي الذي تجلس عليه، أو يلصق الحذاء الذي تتعلّله. والمواد المستخدمة لصوقات مختلفة ومتعددة كانت مصادرها الأولى من النبات والحيوان. في القرن التاسع عشر، كان المطاط هو المادة القواميّة في المواد اللصوقة؛ أمّا اليوم،

فستعمل المكثورات على نطاق واسع. واللصوق يلزق ويلزق لأنّ جزيئاته تشكّل روابط مع الأجسام التي يلصقها. وهذه الروابط قد لا تقلّ متانتها عن تلك التي تربط الجزيئات في قطعة من الصخر.

راتينج غرائي  
السائل الناز من غصن  
صنوبر مقطوع، يحوي  
راتينجاً استخليم غراء  
على مدى مئات السنين.

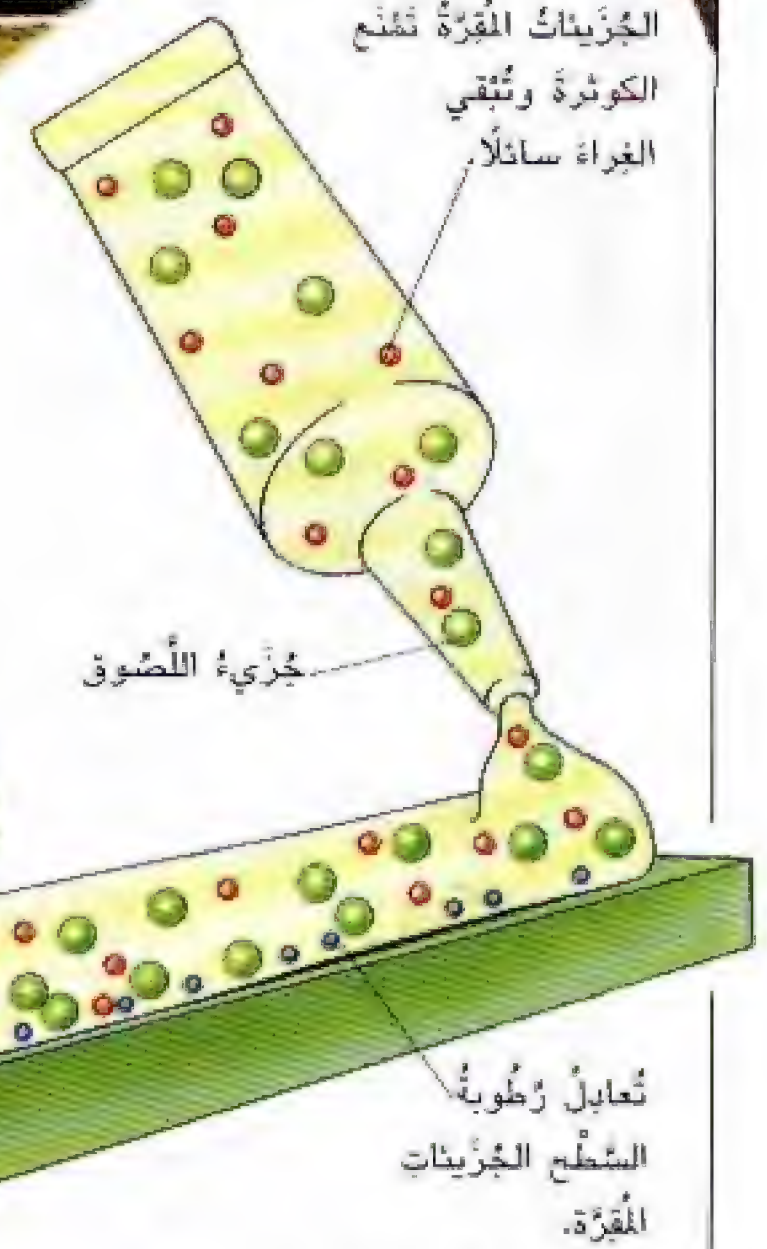
لرقت السيارة  
الصفراء باللوح  
براتينج الإيوكسي  
الغوي.



الجزيئات المقرّة تشكّل  
الكثرة وتبقى  
الغراء سائلاً.

## راتينج إيوكسي

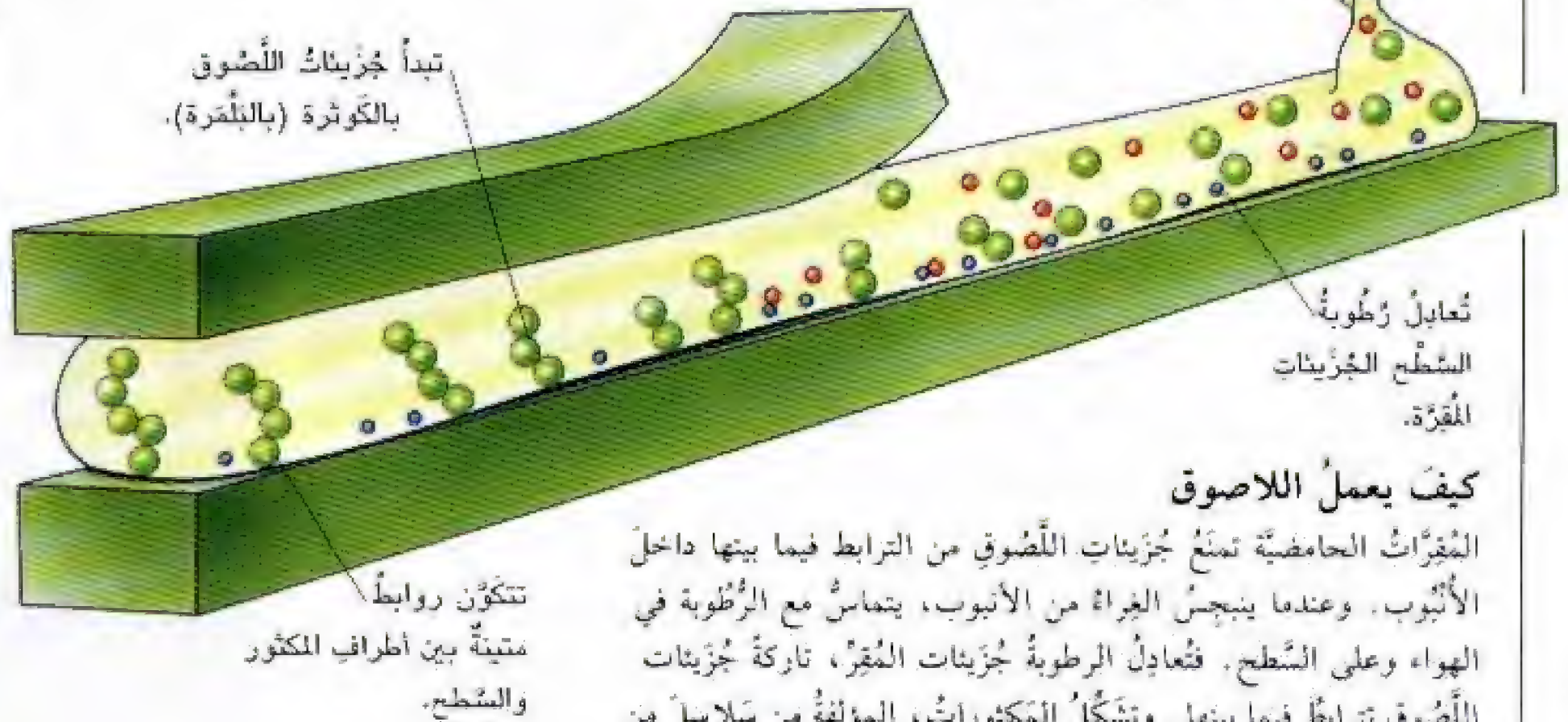
تستخدم الصناعات غراءات اصطناعية تدعى  
الراتينجات الإيوكسية التي أصبحت تستخدم شعبياً على  
نطاق واسع لأنّها تلصق مدى واسعاً من الأشياء بروابط  
متينة جداً مقاومة للحرارة ولتقلبات الطقس.



تغري الوصلات  
المكثلة بالنموذج

## غراء لدن بالحرارة

يستخدم هذا الغراء في صنع النماذج،  
وهو يحوي جزيئات الهولسترين مذابة  
في مذيب كالأسيتون. فعندما تغري به  
الوصلّة، يتبخّر المذيب وتتصامم جزيئات الهولسترين معاً  
لتكوّن رابطاً. وعند إحماء الوصلّة، ينصهر الغراء بانزلاق  
الجزيئات بعضها فوق بعض، فيمكن إعادة تشكيلها.



## كيف يعمل اللاصوق

المقرّات الحامضية تمنع جزيئات اللصوق من الترابط فيما بينها داخل الأنبوب. وعندما ينبجس الغراء من الأنبوب، يتماس مع الرطوبة في الهواء وعلى السطح. فعبادل الرطوبة جزيئات المقرّة، تاركة جزيئات اللصوق تتراكم فيما بينها. وتشكّل المكثورات، المؤلفّة من سلاسل من الجزيئات، روابط متينة صلبة بين السطحين المتماسين للغراء.

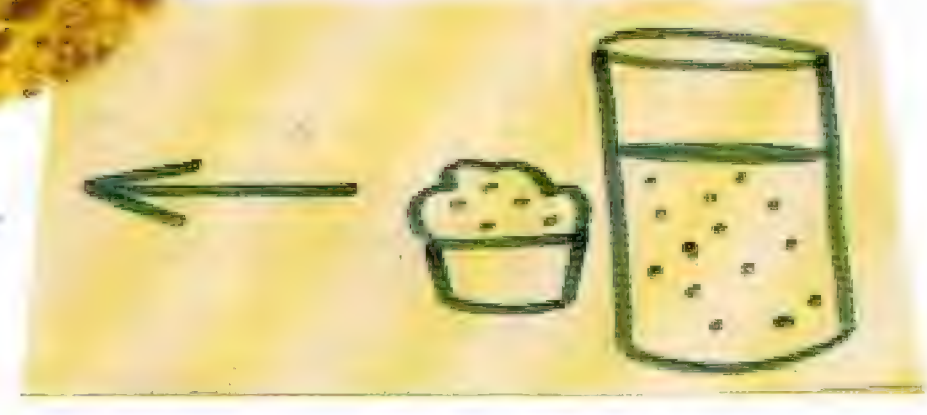
خفّاز راتينج

## ملصقات

### تكرارية

### الاستعمال

الشريحة الدبقة على ملصق أو بطاقة تكرارية الاستعمال تحيل آلاف الفقاعات الدقيقة الدبقة. وفي كلّ مرّة تلصق الشريحة بسطح ما، تنفجر فقاعات قليلة منها، فتظلّ قابلة لأنّ تنزع وتعمل تكراراً.



## غراء من جزأين

بعض الراتينجات الإيوكسية تتطلب خفّازاً أو مصلداً لتصلّب. فيحفظ الراتينج والخفّاز في أنبوبين منفصلين ويمزجان معاً عند الحاجة. والمزيج سرعان ما يُشكّل رابطاً لا ينصهر بالاحماء.



صورة فوتوغرافية  
مكبرة لجزيئات لصوق  
متراصة بعضها ببعض.



## لزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الحفّازات ص ٥٦
- فصل المزيجات ص ٦١
- المكثورات ص ١٠٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الألياف

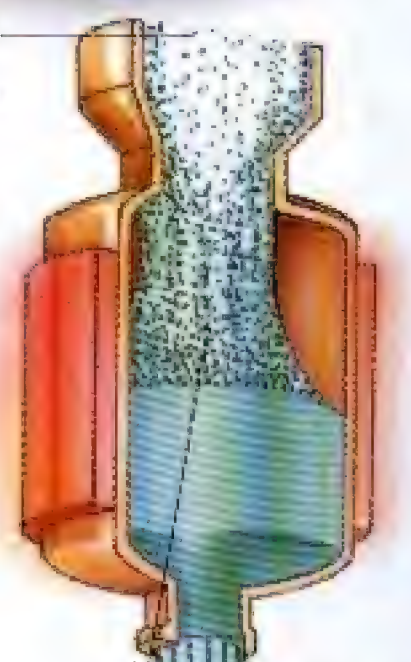
تُصنع الملابس من ألياف طبيعية أو اصطناعية أو من مزيج من كليهما معًا. الألياف الطبيعية مصدرها بذور النبات أو فراء الحيوان. أما الاصطناعية، كالنيلون مثلاً، فتُستخرج من كيماويات تتواجد في النفط. لقد كسا الإنسان الأول جسده بجلود الحيوانات. ثم بدأ الناس منذ خمسة آلاف سنة يستخدمون الألياف الطبيعية في صنع الأقمشة المتينة. فغزلوا ألياف القطن والصوف خيوطاً. وكانت الحياكة أولى الطرق المعتمدة في نسج تلك الخيوط قماشاً، وما زالت إحدى أهم الطرق لذلك حتى اليوم. ثم ظهرت أساليب الحياكة بالصنارة لإنتاج ملابس دفيئة مرونة سهلة التنشيط. وخلال القرن التاسع عشر أصبح الناس أكثر إدراكاً لتكوين الألياف الطبيعية وتصنيعها. وسرعان ما

يُحوّل الكثير من ضروب البتروكيماويات إلى كُرَيَّات صغيرة ثم تُغزل الألياف.

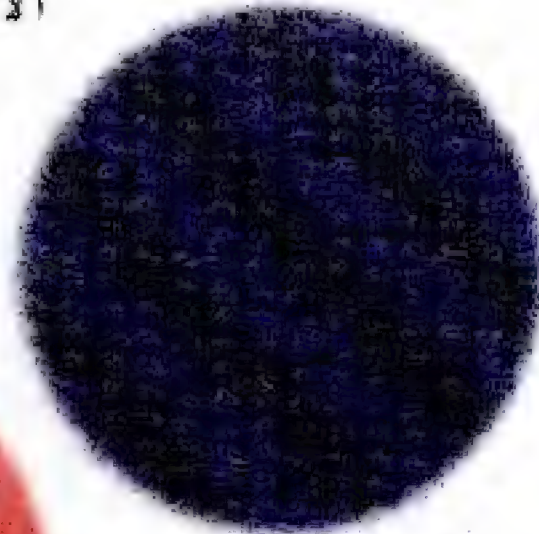


## صنع النيلون

الكيماويات من النفط هي خامات النيلون.



ألياف الصوف راحة الأرض مما يجعل المادة عازلاً جيداً للحرارة.



## الألياف الطبيعية والاصطناعية

الألياف التي استخدمت أصلاً لصنع الملابس كانت من الصوف والقطن والحبر، وكان مصدرها النبات والحيوان. أما اليوم، فقد دخلت البتروكيماويات أيضاً في تصنيع ألياف كالبوليستر والأكريليك والنيلون التي هي أمتن وأرخص ثمناً من المواد الطبيعية.

القماش المتلألئ النسيج يشع قطرات المطر من اختراقه.

ألياف النيلون متينة وقوية.

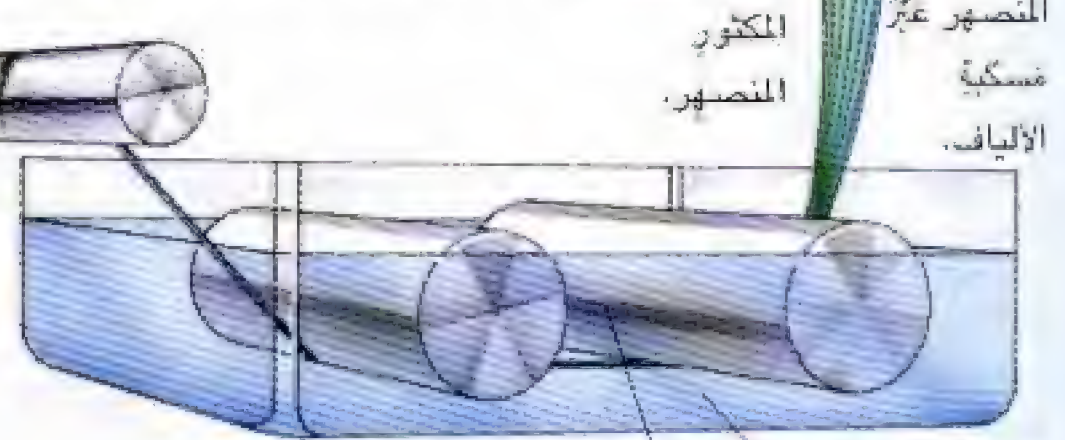


ألياف البوليستر قوية الاحتمال قليلة المطوية، لكنها تحتفظ بشكلها جيداً.



الصهير المندفع عبر الثقوب الدقيقة في المسكبة، ينبثق أليافاً منصهرة متساوية الخانة.

يُضغَط المكوّن الخام لتحضير المكوّن المنصهر عبر المسكبة الألياف.



تتصلب الألياف في شغل الألياف كغلا. تنغرس تبريد.

## صنع النيلون

كان النيلون أول الألياف المصنعة بالكامل من الكيماويات. ويتم ذلك باحماء كُرَيَّات النيلون إلى درجة ٢٦٠°س ليتحوّل إلى صهير مكوّنوي، يُقحم عبر المسكبة في عملية البثق. وعند انبثاقه من الثقوب الدقيقة إلى الجو البارد، تأخذ خيوط النيلون بالتصلب الذي يكتوّل بالمعالجة في مغطس تبريد خاص؛ ثم تُغزل خيطاً طويلاً يُلَفّ على مكب.



تدار خيوط الرايون حول عجلات دوارة لتكوّن الخيط (البريم).



راتينج السليكون في المغطس يُغسّى القماش.

## التصميم للماء

تُعسّ ألياف الملابس الصادة للماء براتينج السليكون. فيمرّر القماش عبر الراتينج بواسطة دَحَارِيح دوارة، ثم يُحمّى ليشتر الراتينج إسوياً عليه. الراتينج يمنع النسيج من امتصاص الماء، فيغدو هذا قماشاً ممتازاً لصنع المشيمعات والخيم.

## شاردونه

عالم الكيمائي الفرنسي، الكونت هيلار شاردونه (١٨٣٩-١٩٢٤)، ألياف القطن بمزيج من الكيماويات والكحول، ثم أعجمها في مسكبة الألياف. فتبخر الكحول تاركاً أليافاً برّاقة بدت كأنها تُشع نوراً، فسُميت تلك الألياف الجديدة الرايون «أو حرير شاردونه» الذي لاقى رواجاً شديداً في أوائل القرن العشرين.



## صنع الرايون

الرايون ألياف تُصنع من سليولوز لبّ الخشب. والحقيقة أن ليف الرايون هو ليف مُعاد التكوين لأنّ السليولوز، خافه القوامي الأصلي، يفتكك ثم يعاد تشكيله. وهذا يُخلَق من المادة الأصلية ضرباً أشبه واثق وأسهل للصنع. والرايون أنواع أهمها الفسكوز.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- المكثرات ص ١٠٠
- الأضباع والخشب ص ١٠٢
- تصميم المواد ص ١١١.



# الورق

تُغطّي الأشجار ثلث سطح الأرض تقريباً، ويستخدم الكثير منها في صناعة الورق. فالتجذّعات التي تُشاهد في الخشب تبين اتجاه آلاف الألياف الدقيقة التي تُنتجها الشجرة أثناء نموها لنقل النسغ في جذعها ولدعم ثقل أغصانها. في صناعة الورق تُفصل الألياف بعضها عن بعض، ثم تُصمّ ثانياً بشكل مُصّالِب لِتتحوّل إلى طَلَحِيّات رقيقة. فانت حين تمزق طلحية من الورق تلاحظ الألياف الدقيقة المتلاصقة لِتؤلفها. إن إعادة التحريج تعوّض عن الأشجار التي تُقطع لِتصنيع الورق وتحفظ هذا المورد الأولي المهم من النفاذ.



**بدايات الورق**  
بدأ صنع الورق من الخشب في الصين حوالي سنة ١٠٥ للميلاد باستخدام ألياف شجر التوت. ولعلّ الفكرة استُمدّت من مراقبة الزنابير بُني أعشاشها من جذاذات الخشب الدقيقة.

يُصنع معظم الورق من أشجار الغابات ذات الخشب الرخو كالصنوبر والتّوب.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الحوامض ص ٦٨
- المكثورات ص ١٠٠
- الأصباغ والخُصْب ص ١٠٢
- الألياف ص ١٠٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# الخزفيات

تولّف الخزفيات الكثير ممّا حوّلنا من مختلف أنواع الأطباق والأقداح والأباريق إلى طوب المباني وعوازل الكبّلات وبدائل الأسنان. وتقسّم الخزفيات إلى فئتين - تشمل الأولى المواد التي تُشكّل قبل معالجتها بالحرارة كما في الأواني الفخاريّة والطوب. وتحوي الفئة الثانية المواد التي تُشكّل بعد معالجتها بالحرارة كما في الزجاج والإسمنت.



## طين الخزاف

تُقلّ الأواني الفخاريّة مزيج من نوعين من الطين هما الكاولين (أو الطفل الصيني) الذي يُكسب الفخاريّات نسيجها الناعمة، والطين اللدن الذي يُكسبها المتانة.

## استعمال الخزفيات

الخزفيات موادّ صلبة قصيفة تُصنع بشي الطين الصلصالي. وقد استخدم هذا في صنع الأواني الفخاريّة منذ آلاف السنين، وكان يُشوى في موقد مكشوفة؛ أمّا اليوم، فيُقسّى في أفران خاصة. ويجري حاليًا تطوير خزفيات جديدة للاستعمال في مُحركات السيارات والطائرات، لأنها صامدة لدرجات الحرارة العالية جدًا، وتدوم طويلًا.

الطوب المتين المقاوم للتجوية مادة بناء مثالية لمختلف المنشآت.



المزجج الصقيلة على حبات العقد الفخاريّة هي أيضًا من الخزف.



## في داخل الفرن

تُشكّل الأواني الفخاريّة رطبة وتوضع في الفرن حتى تتصلّد. وفي أثناء الشّي تجري تفاعلات في الطين تنفكّ فيها بعض كيميائياته، ثمّ تُعاوَد ترابطها مُجدّدًا لتكون موادّ أمتن وأقوى.

يُشدّ الإسمنت كسارة الصخر بعضها إلى بعض في مزيج خرسانتي.



## صنع الإسمنت

الصلصال والطباشير والماء هي المواد الأولية لصنع الإسمنت.

الطين المتسامي في أصيص النبات يدع الماء يتنحّر من التربة فيبقى جذور النبات باردة.



تُمرّج المواد الأولية خليطًا طينًا رقيق القوام.

يُحمى الخليط الطيني في فرن دوار طوله قرابة ١٨٢ مترًا.

## عملية شك الإسمنت

يُضاف الإسمنت إلى الرمل والحصى.

مزيج من الرمل والحصى.

تبرّد كتل الإسمنت المشوكة.

يُضاف الجبس إلى كتل الإسمنت.

تطحن كتل الإسمنت مع الجبس لتُنع الإسمنت من الشك السريع.

يقدّم الشراب في أكواب خزفية، لأنها مسيكة للماء.

الزجاج مادة صلبة شفافة تُصنع من السليكات الفلزيّة.

ويتمّ تشكيل الزجاج في حالة الإنصهار.

الفاثج الأخير: إسمنت سحق

## صنع الإسمنت

في عملية التصنيع، يُحمى الخليط الطيني الرقيق القوام فيتحوّل محتواه الطباشيري إلى أكسيد الكالسيوم، الذي يتحدّ مع السليكون والألومنيوم في الصلصال مُكوّنًا السليكا والألومينا (سليكات وألومينات الكالسيوم) الإسمنتية. ثمّ تطحن مدرات الإسمنت مع الجبس لمنع من الشك السريع، وتُجهّز لاستخدام البتّانين.

## شك الإسمنت

سليكات وألومينات الكالسيوم في الإسمنت تبيّز بإضافة الماء، وتشكّل البلّورات في الفجوات بين الرمل والحصى في الخرسانة، فتُحيط بها من كلّ جانب مُكوّنة روابط متينة تُشدّ الإسمنت بعضه إلى بعض.

تشدّ بلّورات الإسمنت الرمل والحصى بقوة فتشكّل الخرسانة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- المواد ص ٨١
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- الألياف ص ١٠٧



# الزجاج



كربونات الكالسيوم

كسارة الزجاج

زمل

كربونات الصوديوم (الصودا)

## زجاج يدوي التصنيع

لصنع الزجاج يدوياً تؤخذ كتلة من الزجاج المنصهر على طرف قضيب مجوف من الحديد وتنفخ فيها فقاعة صغيرة. ثم يبرّد الزجاج بالدلفنة على لوح حديدي ويُشكّل بالأدوات بينما يُعاد إحماءه دورياً لتيسير المعاملة.

## مقومات الزجاج الأولية

ينصهر الرمل عادةً على درجة ١٧٠٠°س؛ لكن إذا مُزج مع كربونات الصوديوم (الصودا)، تنخفض درجة الانصهار وتوفّر الطاقة. وتُضاف كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) لمنع الزجاج من الذوبان في الماء. كما تُضاف أيضاً كسّر الزجاج فتصهر لإعادة تدويرها.

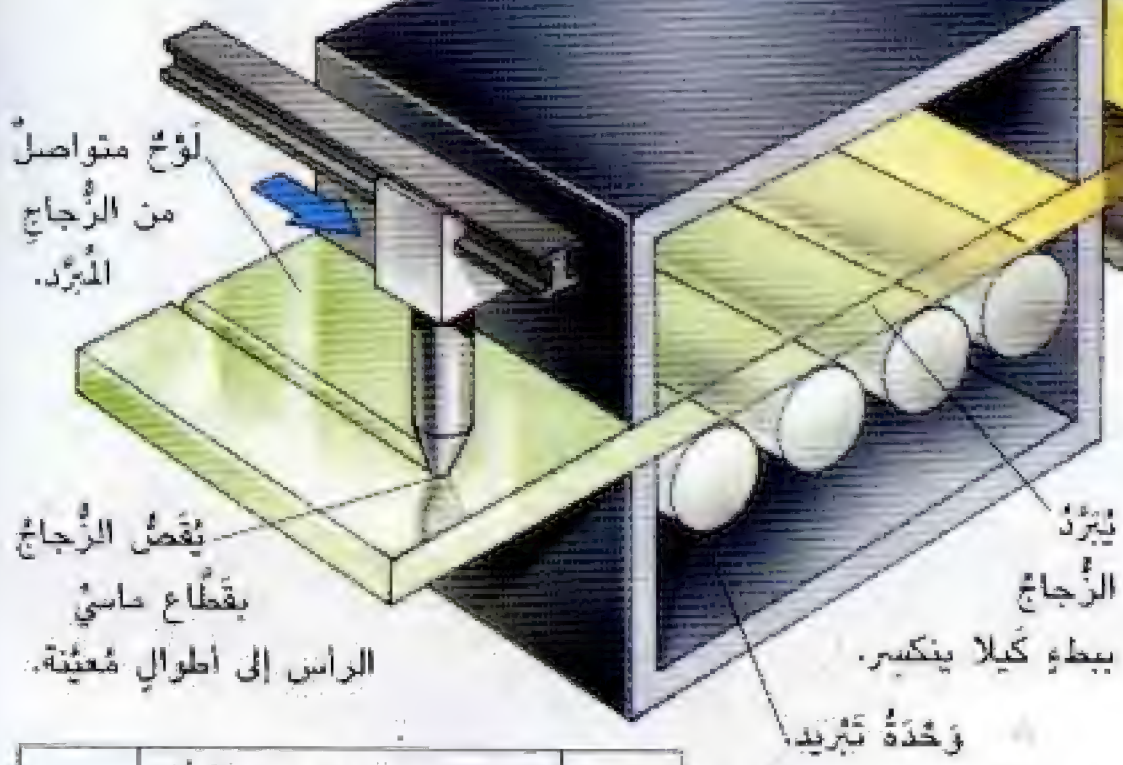
الزجاج أحد أقدم المواد المُستحضرة اصطناعياً، إذ يرجع تاريخ صناعته إلى ما قبل ٥٠٠٠ سنة. والزجاج فعلاً هو رملٌ سائلٌ مُبرّد لما يكتسب شكله - لذا تجد ألواح الزجاج العتيقة أثخن قليلاً في قاعدتها. والزجاج مادةٌ مفيدة جداً لأنه سهل التشكيل إلى أوعية شفافة صلبة، لا يصدأ ولا يتأثر بالكيماويات. وهو أيضاً رخيص التصنيع ويمكن إعادة تدويره مرّات عديدة. ويُستخدم الزجاج على نطاقٍ واسع - من أكواب الشراب إلى عدسات تصحيح الرؤية. ويمكن تغيير خصائصه بإضافة الكيماويات أو مواد أخرى كالأسلاك أو بالتحكّم في نمط تبريده.

## عملية القوالب

### صنع القوارير

تُستخدم قوالب خاصة في تشكيل الزجاج المنصهر إلى أشكال مختلفة. ففي تشكيل القوارير، مثلاً، تُسقط كُمرة من الزجاج المنصهر في قالب التشكيل وتُدفع إلى قعر القالب بالهواء المضغوط. وتنفخ الهواء صُعداً عبر الكُمرة (كتلة الزجاج) لتشكيل القارورة مبدئياً. ثم تُنقل هذه إلى قالب آخر حيث تُنفخ مجدداً لتأخذ شكل القارورة النهائي.

## طريقة الزجاج المعموم



لوح متواصل من الزجاج المبرّد.

يُفصل الزجاج بقطاع حاسي الرأس إلى أطوال مُعيّنة.

وحدة تبريد

يُضاف أكسيد البورون إلى خامات الزجاج الأولية لصنع زجاج البوروسليكات. ويُستعمل هذا الزجاج في صنع أطباق الأفران ولواني المختبرات الزجاجية لأنه صامدٌ للتغيرات في درجات الحرارة.

تُسقط كُمرة من الزجاج المنصهر في قالب التشكيل.

تُدفع الهواء المضغوط الزجاج في قالب التشكيل.

تُرْفَع القارورة الزجاجية الناجرة من القالب.

يُحفظ القصدير المنصهر في جو خالٍ من الأكسجين، كيلا يتفاعل معه فيختل بالتالي استواء سطح الزجاج المعموم.

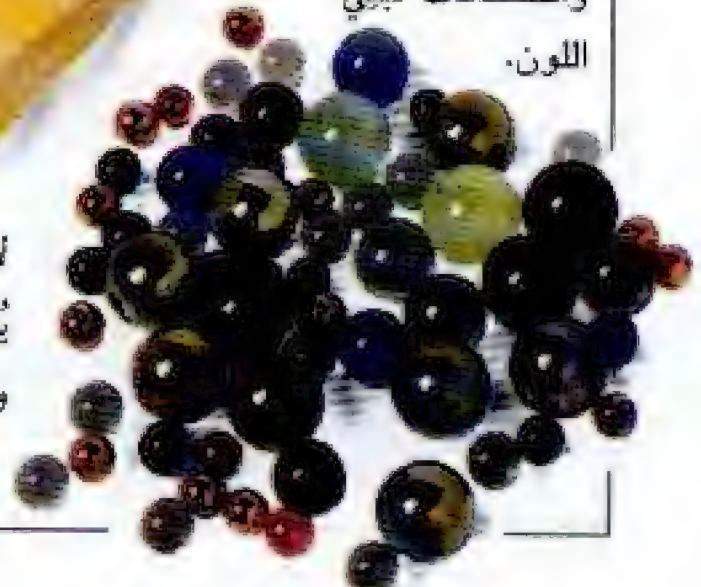
تُستخدم ألياف الزجاج الدقيقة في عزل الصوت والحرارة وفي تقوية اللدائن.

## تغيير خصائص الزجاج

الطريقة التي يُعالج بها الزجاج بعد خروجه من الفرن تُغيّر خصائصه فتجعله ملائماً لأغراض مُعيّنة. فالتبريد السريع بنافثات الهواء يُنتج زجاجاً متيناً يصلح لنوافذ السيارات.

وبإضافة الكوبلت وأكسيد السليكون يمكن إزالة مساحة الاخضرار من الزجاج الخام.

يتكوّن الزجاج بالكيماويات. فكبريتيد السليكون يكسبه الحمرة وأكسيد النحاس يكسبه الزرقاء، وتجعله الألومينا والفسفونات لَبَنِيّ اللون.



## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- أشباه الفلزّات ص ٣٩
- الألياف ص ١٠٧
- تصميم المواد ص ١١١
- الانعكاس ص ١٩٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# تصميم المواد

كَمْ يَكُونُ الْعَيْشُ فِي بَيْتِكُمْ مُخْتَلِفًا وَعَسِيرًا لَوْ كَانَ كُلُّ مَا فِيهِ مُصْنُوعًا مِنْ مَادَّةٍ وَاحِدَةٍ كَالْفُولاذ! المعروفُ أَنَّ الْبَيْتَ يَتَطَلَّبُ أَصْنَافًا مُتَعَدِّدَةً مُتَنَوِّعَةً مِنَ الْمَوَادِّ - فإِطَارَاتِ النُوافِذِ مَثَلًا، تُصْنَعُ مِنَ الْخَشَبِ الْمَتِينِ، بَيْنَمَا تُتَّخَذُ مَاطُورَاتُهَا مِنَ الْوَحاحِ الرَّجَاجِ لِإِنْفَاقِ الضَّوئِ وَصَدِّ الْمَطَرِ. وَالْيَوْمَ، قَدْ يُسْتَبَدَلُ بِالْخَشَبِ اللَّدَائِنُ، كَمَا قَدْ تَرَجَّجُ النُوافِذُ بِالْوَاحِ مُزْدَوِجَةٍ لَمَنْعِ سُرُوبِ الْحَرَارَةِ. وَمَا فَتَى النَّاسُ يَبْحَثُونَ عَنْ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ تَجْعَلُ سُبُلَ الْعَيْشِ أَيْسَرَ وَأَقْلَّ تَكْلِفَةً. وَقَدْ يَتَضَمَّنُ هَذَا السَّعْيُ اسْتِخْدَامَ مَوَادِّ قَدِيمَةٍ بِأَسَالِيبَ جَدِيدَةٍ، أَوْ ضَمَّ مَوَادِّ مُخْتَلَفَةٍ بَعْضُهَا إِلَى بَعْضٍ، أَوْ إِجْرَاءَ تَجَارِبَ عَلَى الْكِيمَاوِيَّاتِ لِابْتِكَارِ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ تَمَامًا. وَيَنْبَغِي إِخْضَاعُ كُلِّ مَادَّةٍ أَوْ تَوَلِيفَةٍ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ لاختباراتٍ دَقِيقَةٍ شَامِلَةٍ لِلتَّكَادُّ مِنْ صِلَاحِيَّتِهَا.



## لَدَائِنُ مُعَزَّزَةٌ بِالرَّجَاجِ

نَكْتَسِبُ اللَّدَائِنَ قُوَّةً إِضَافِيَّةً إِذَا عَزَّزَتْ بِالْأَلْيَافِ الرَّجَاجِيَّةِ، وَتَعْرِفُ حِينَئِذٍ بِالرَّجَاجِ اللَّيْفِيِّ. وَتُسْتَخْدَمُ هَذِهِ الرَّجَاجُ فِي بِنَاءِ الْقَوَارِبِ وَغَيْرِهَا مِنَ التَّجْهِيزَاتِ، وَهُوَ مِثْلُ عَلَى مَادَّةٍ مُتَوَلِّفَةٍ تَجْتَمِعُ فِيهَا مَادَتَانِ شَاعَتَانِ.

يَتَأَلَّفُ هَيْكَلُ السَّائِلِ (الْقَمَرِ الصَّنَاعِيِّ) مِنْ قَلْبٍ لَدَائِنِيٍّ أَوْ مَعْدَنِيٍّ تُخَرُوبِي الْبِنْيَةَ مُصَفَّحًا مِنَ الْجَانِبَيْنِ بِالْوَاحِ لَدَائِنِيَّةٍ مُعَزَّزَةٍ بِالْأَلْيَافِ كَرْبُونِيَّةٍ لَعَزَازَةٍ بِلُصُوقَاتٍ مَتِينَةٍ.

تُلصَقُ اللَّدَائِنَةُ الْغُطَّائِيَّةُ عَلَى هَذَا الْجَانِبِ مِنَ الْعِشَاءِ الْغُرَائِي.

غِشَاءٌ غُرَائِي

قَلْبٌ مَعْدَنِيٌّ (فِلِزِّي) أَوْ لَدَائِنِيٌّ تُخَرُوبِي الْبِنْيَةَ

## مَوَادُّ السَّوَاتِلِ

لِكَيْ تَحْتَمِلَ السَّوَاتِلُ ظُرُوفَ الْقَدْفِ وَالْإِنْطِلَاقِ الْقَاسِيَةِ إِلَى الْفَضَاءِ وَفِيهِ، يَنْبَغِي أَنْ تُبْنَى مِنْ مَوَادِّ خَاصَّةٍ أَكْثَرُ مَرُونَةٍ وَمَتَانَةٍ مِنَ الْخَشَبِ أَوْ الْمَعْدَنِ. لِهَذَا تُصْنَعُ السَّوَاتِلُ مِنْ مَوَادِّ مُطَوَّرَةٍ خَفِيفَةٍ لِهَذَا سَبَبٍ - خَفِيفَةٍ لِيَسِيرِ الْإِنْطِلَاقِ مِنَ الْأَرْضِ، وَمَتِينَةٍ لَتَحْتَمِلَ الْإِجْهَادَاتِ وَالْإِنْفِعَالَاتِ الَّتِي تُجَاوِزُ السَّوَاتِلُ فِي مَدَارَاتِهَا حَوْلَ الْأَرْضِ.

## رَضْدُ النُّجُومِ

تُسْتَخْدَمُ التِّلِسْكُوبَاتُ الْعَمَلَاءَةُ لاسْتِكْشَافِ أَجْوَاجِ الْفَضَاءِ الرَّحِيبِ. وَمِنْ أَهَمِّ مَقَوِّمَاتِ التِّلِسْكُوبِ الْمِرَاةُ الْخَفِيفَةُ اللَّازِمَةُ لِتَكْوِينِ صُورَةٍ وَاضِحَةٍ يَسْتَطِيعُ عُلَمَاءُ الْفَلَكِ رُؤْيَا مَقْصُودَةً. وَتُصْنَعُ أَمْثَالُ هَذِهِ الْمِرَاةِ مِنْ رُجَاجٍ خَزَفِيٍّ مَتِينٍ لَا يَتَهَشَّمُ بِثِقَلِ الْجِرَاءِ كَمَا لَا يَتَأَثَّرُ شَكْلُهُ بِتَغْيِيرِ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ.



## مَوَادُّ لِإِنْفَاقِ الْحَيَاةِ

مِنْ أَهَمِّ إِنْجَازَاتِ الطَّبِّ الْحَدِيثِ إِمْكَانِيَّةُ تَعْوِضِ الْكَثِيرِ مِنْ أَجْزَاءِ الْجِسْمِ الْعَلِيلَةِ أَوْ الْمَعْطُوبَةِ بِبَدَائِلٍ اصْطِنَاعِيَّةٍ. فَتُسْتَخْدَمُ السَّبَانُكُ الْفِلِزِّيَّةُ فِي صُنْعِ صَفَانِحِ الْفَحْفَافِ، وَالْمُؤْتَلِفَاتُ الْفِلِزِّيَّةُ اللَّدَائِنِيَّةُ فِي صُنْعِ مَفَاصِلِ الْحَوَاضِ الْإِصْطِنَاعِيَّةِ، وَالْأَلْيَافُ النَّسِيجِيَّةُ فِي صُنْعِ الْأَوْعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ. وَتَجْرِي حَالِيًا تَجَارِبُ عَلَى الْقُلُوبِ الْإِصْطِنَاعِيَّةِ مِنَ اللَّدَائِنِ الْأَلُومِينِيَّةِ.

### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

خَصَائِصُ الْمَادَّةِ ص ٢٢

السَّبَانُكُ ص ٨٨

الْأَلْيَافُ ص ١٠٧ - الْوَرَقُ ص ١٠٨

الْخَزَفِيَّاتُ ص ١٠٩

الرَّجَاجُ ص ١١٠

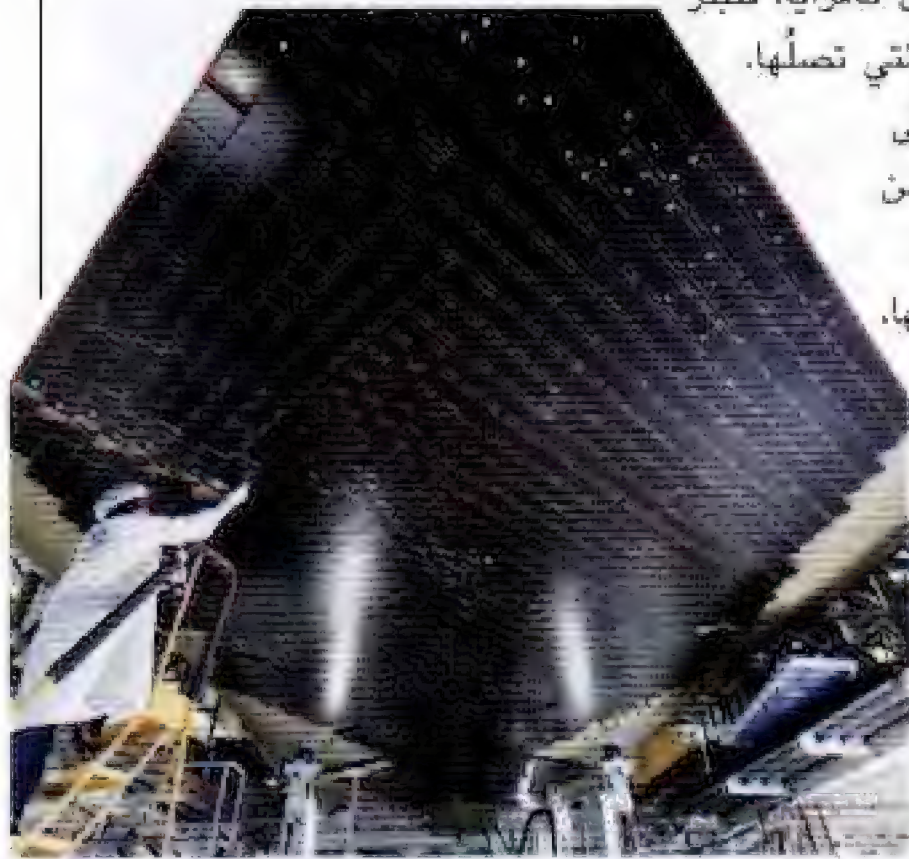
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦



الْهَوَاتِيَّاتُ الْعَدِيدَةُ

تَعْمَلُ كَالْمِرَايَا، فَتُبَيِّنُ الْإِشَارَاتِ الَّتِي تَصِلُهَا. وَهَكَذَا تَتَلَقَّى الْإِشَارَاتِ مِنَ الْأَرْضِ أَوْ تَرْسِلُهَا إِلَيْهَا.

الْهَوَاتِي



## مَوَادُّ مُقَاوِمَةٌ لِلْحَرَارَةِ

تُسْتَطِيعُ السَّبَانُكُ الْخَزَفِيَّةُ الْفِلِزِّيَّةُ (السَّرْمَتُ) الصُّمُودَ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْعَالِيَةِ جِدًّا. وَمِنْ تِلْكَ السَّبَانُكُ تُصْنَعُ أَرِيَاشُ التَّرْبِينَاتِ الْبُقَائَةِ وَمَنَافِثُ الصَّوَارِيخِ الَّتِي تَرْتَفِعُ دَرَجَةً حَرَارَتِهَا ارْتِفَاعًا مُذْهِلًا أَثْنَاءَ الْعَمَلِ. وَيُعْزَلُ الْمَكُونُ الْفَضَائِيُّ بِأَلْفِ أَجْرٍ السَّرْمَتِ لِمَقَاوِمَةِ حَرَارَةِ الْإِحْتِكَالِ النَّاتِجَةِ خِلَالَ عَوْدَتِهِ إِلَى جَوْ الْأَرْضِ.





# التلوث الصناعي

التلوث هو النتيجة الطبيعية لاستعمالنا أنواعاً مختلفة من المواد التي تبتعث إلى المحيط الذي نعيش فيه ملوثات تُضر بالكائنات الحية وبمختلف البنى والإنشاءات. حتى قرابة مئتي عام خلت ظل التلوث البيئي قليلاً ومحدوداً لأن عدد السكان كان أقل وكان استخدام الناس في غالبيته مقصوراً على المواد الطبيعية. فكانت فضلاتهم تتفكك وتتحلل بفعل ميكروبات التربة. أما اليوم فالمصانع والسيارات والكثير من المكنات ومحطات القدرة تُشوِّء البيئة بملوثاتها، كما إنَّ بعض نفاياتنا وفضلاتنا غير قابلة للتفكك، وهي تلوث اليابسة والماء والهواء. ويحاول خبراء الصناعة حالياً الحد من التلوث الذي تسببه الصناعات المختلفة.



## تغطية المناظر المؤذية

تمتلئ المكبات القريبة من المدن بالنفايات التي تُخزن فوق صفائح من البلاستيك في تصريف المياه. أما الميثان الناتج عن تفكك النفايات كيميائياً فيُجمع في أنابيب ويُستخدم كوقود. وعندما يمتلئ المكب، تُغطى النفايات بالتراب وتغرس بالنباتات المناسبة لخلق مواطن جديدة للحيوانات.

جسيمات الأبخرة الصلبة يمكن إزالتها في المداخل بواسطة مرشحات الكتروستاتي، حيث تتجسس الجسيمات على الجدران الداخلية للمخنة.

إستخدام البنزين غير المرصص، يُخفض تلوث البيئة بالرصاص.

## طبقة الأوزون

كثير من مواد مياه الضرف يمكن استخدامها كمواد أولية في عمليات صناعية أخرى.

الغازات الكربونية المُهلجنة بالكلور والفلور والتي تُستخدم في المبرّدات ووسائل التبريد تُثَلِّف طبقة الأوزون عندما تتسرب إلى أعالي الجو. ويجري حالياً استبدال ثاني أكسيد الكربون والغازات الهيدروكربونية المناسبة، التي لا تؤثر في طبقة الأوزون، بتلك الغازات المُهلجنة.

يمكن تخفيض كميات ثاني أكسيد الكبريت في الأبخرة باستخدام وقود خالٍ من الكبريت، أو بزّش الدخان بالماء قبل أن يترك المدخنة.

## أشكال من التلوث

يتخذ التلوث أو التلوث الصناعي أشكالاً عديدة: فاستخراج المواد الأولية من الأرض يُثَلِّف مواطن التلوث والحيوان ويترك حفراً هائلة. وتولّد أكوام النفايات الصناعية الجامدة تلالاً لا تحلو للناظرين. وقد تنتج أدخنة المصانع حوامض في السحب ومطرًا حامضياً مُضرًا بالنبت أو تمتاز مع غازات العوادم من وسائل النقل ناشرة الضخان (الضباب الدخاني) فوق المدن. وقد تحوي المياه المنصرفة من المصانع فضلات تسمم الأحياء المائية. ولا تسمى بقع الزيت الضخمة على صفحة مياه البحر عند تعرض البواخر أو ناقلات الزيت للحوادث.

## حفظ الحرارة

إذا بُدِدَت الحرارة في المباني، فينبغي تعويضها بحرق كميات أكثر من الوقود، وهذا يكلف مالا ويسبب مزيداً من التلوث. ويمكن الكشف عن فقدان الطاقة الحرارية من مصنع أو مبنى بتصويره بالأشعة تحت الحمراء، حيث تظهر على الصورة المناطق الأكثر فقداً للحرارة باللون الأبيض. إن معالجة هذه المناطق باستخدام عزل إضافي يُحد من فقد الحرارة.

صورة مُضطّعة التلوين تُبيّن فقدان الحرارة في مبنى متعدد الطوابق.



## إعادة تدوير المواد

تستهلك مواد أولية أقل إذا أعيد تدوير المواد في النفايات - وهكذا، تُصان المواد الأولية لاستخدامها في مراحل مستقبلية، كما يُخفّض التلوث وتوفّر الطاقة. فباستخدام المواد المُعادّة التدوير في صنع علب الألومنيوم مثلاً، يُوفّر ٩٥ بالمئة من الطاقة ويخفّض أيضاً ٩٥ بالمئة من التلوث.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكبريت ص ٤٥
- الحفّازات ص ٥٦
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- صناعة الكيماويات ص ٨٢
- الغلاف الحيوي ص ٣٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦



# القوى والطاقة

كُلُّ ما يحدث، مِنْ بَرِقِ الْبَرْقِ إِلَى شِدِّ شَرِيْطِ الْحِذَاءِ، يَتَطَلَّبُ طَاقَةً؛ فَيَدُونَ الطاقة لا شيءَ يَسْتَطِيعُ الْعِيشَ أَوْ الْحَرَكَةَ. الْحَيَوَانَاتُ تَسْتَخْذِمُ الطَّاقَةَ فِي السَّيْرِ وَالرَّكْضِ، وَالنَّبَاتَاتُ تَسْتَخْذِمُهَا فِي النُّمُو. الرِّيحُ بِالطَّاقَةِ تَهْبُّ، وَالْأَمْوَاجُ بِهَا تَمْوِجُ عَبْرَ الْمَحِيطِ، وَالسَّيَّارَةُ تَسِيرُ بِالطَّاقَةِ الْمُخْتَرَنَةِ فِي وَقُودِهَا. لَكِنَّ كُلَّ هَذِهِ الْأَشْيَاءِ مَا كَانَتْ تَتِمُّ فِي غِيَابِ قُوَى فَاعِلَةٍ، فَاسْتِخْدَامُ الطَّاقَةِ يَنْطَوِي دَوْمًا عَلَى قُوَى بِشَكْلِ أَوْ بَاخِرٍ. فَالْقُوَى ضَرُورِيَّةٌ لِبَدءِ حَرَكَةِ الْأَشْيَاءِ، أَوْ لِتَغْيِيرِ نَمَطِ حَرَكَتِهَا، أَوْ لَوَقْفِهَا عَنِ الْحَرَكَةِ. وَبِالْقُوَى أَيْضًا تُفْتَتُّ الْأَشْيَاءُ أَوْ يُشَدُّ بَعْضُهَا إِلَى بَعْضٍ. فَيَدُونَ الْقُوَى وَالطَّاقَةُ لَا يُمَكِّنُ أَنْ يَحْدُثَ أَيُّ شَيْءٍ فِي الْكَوْنِ.



## طاقة من الشمس

تُوفِّرُ الشَّمْسُ مُعْظَمَ الطَّاقَةِ الَّتِي نَحْتَاجُ إِلَيْهَا بِالضُّوءِ الَّذِي تَشِعُّهُ. فِي سَاعَةٍ وَاحِدَةٍ يَصِلُ الْأَرْضَ مِنَ الطَّاقَةِ الشَّمْسِيَّةِ أَكْثَرُ مِمَّا تَسْتَهْلِكُهُ الْبَشَرِيَّةُ جَمْعًا فِي سَنَةٍ كَامَةٍ. أَمَّا النَّبَاتَاتُ، كَدَوَّارِ الشَّمْسِ أَعْلَاهُ، فَتَحْتَاجُ الطَّاقَةَ الشَّمْسِيَّةَ لِتَنْمُو، وَهِيَ تَخْتَرِنُ بَعْضًا مِنْهَا كطَاقَةٍ كِيمَاوِيَّةٍ. وَالْحَيَوَانُ الَّذِي يَأْكُلُ تِلْكَ النَّبَاتَاتِ يَسْتَخْذِمُ تِلْكَ الطَّاقَةَ الْمُخْتَرَنَةَ.

## استخدام الريح

يَنْطَوِي رُكُوبُ الْأَمْوَاجِ الشَّرَاعِيَّ عَلَى اسْتِخْدَامِ الْقُوَى وَالطَّاقَةِ بِمَرَاعَةٍ. فَيَسْتَخْذِمُ رَاكِبُو الْأَمْوَاجِ طَاقَتَهُمُ الْجَسَدِيَّةَ لِلتَّحَكُّمِ بِاللُّوحِ وَالْفَقْرِ فَوْقَ الْأَمْوَاجِ، بَيْنَمَا تُؤَلِّدُ طَاقَةُ الرِّيحِ الْقُوَّةَ الَّتِي تَدْفَعُهُمْ قُدَمًا. وَإِذَا تَجَاوَزَتْ هَذِهِ الْقُوَّةُ حَدَّهَا فِي أَيِّ اتِّجَاهٍ يَخْتَلُّ تَوَازُنُ اللَّوْحِ فَيَنْقَلِبُ بِرَاكِبِهِ. لِذَلِكَ يَبْذُلُ رَاكِبُ الْأَمْوَاجِ قُوَّةً ضِدَّ اتِّجَاهِ هُبُوبِ الرِّيحِ تَمَكِّنُهُ مِنْ حِفْظِ تَوَازُنِهِ وَإِبْقَاءِ الشَّرَاعِ مُتَّصِبًا.

تُؤَثِّرُ الْقُوَى فِي كُلِّ شَيْءٍ حَتَّى فِي الْجُسَيْمَاتِ الدَّقِيقَةِ الْمَجْهَرِيَّةِ.



## القوى في المباني

مُشَيِّدُو الْأَبْنِيَةِ يَأْخُذُونَ فِي الْحِسَابِ ضَرُورَةَ صُمُودِهَا لِلْقُوَى الْكَبِيرَةِ الَّتِي قَدْ تَعَرَّضُ لَهَا كَيْلًا تَنْهَارًا. فَهَذَا السَّقْفُ، فِي إِحْدَى مَحَطَّاتِ مَطَارِ جَدَّةَ بِالْمَمْلَكَةِ الْعَرَبِيَّةِ السُّعُودِيَّةِ، مَصْنُوعٌ مِنْ رُجَاجٍ لِيَفِي أَمْتَنَ مِنَ الْفُؤْلَادِ، نَمَطُهُ الْقُوَى الْمُشْكَلَةُ بِأَنْمَاطٍ فَرِيدَةٍ.

## في الفضاء

تَعْمَلُ الْقُوَى وَالطَّاقَةُ عَلَى نَظَاقٍ وَاسِعٍ فِي الْفَضَاءِ. فَالْنُجُومُ تَسْطَعُ بِمَا تَشِعُّهُ مِنْ طَاقَةِ حَرَارِيَّةٍ وَضَوْئِيَّةٍ. وَيَبْقَى جَوْ النُّجُومِ حَوَالِيَهُ بِقُوَّةِ الْجَذَابِيَّةِ - وَهِيَ الْقُوَّةُ ذَاتُهَا الَّتِي تَجْذِبُ الْأَجْسَامَ إِلَى الْأَرْضِ.



## أضواء الليل

الْكَهْرَبَاءُ شَكْلٌ مِنْ أَشْكَالِ الطَّاقَةِ يُؤَلِّدُ فِي مَحَطَّاتِ قُدْرَةٍ ضَخْمَةٍ، وَيُنْقَلُ بِالْكَبَلَاتِ عَبْرَ مَسَافَاتٍ طَوِيلَةٍ إِلَى الْمَنَازِلِ وَالْمَكَاتِبِ وَالْمَصَانِعِ. وَيَكْبَسُ زَرْقٌ وَمَقْلَادِيٌّ تَتَحَوَّلُ هَذِهِ الطَّاقَةُ بِسَهُولَةٍ إِلَى طَاقَةِ حَرَارِيَّةٍ أَوْ ضَوْئِيَّةٍ أَوْ إِلَى قُدْرَةِ مِيكَانِيكِيَّةٍ.

## القوى دُونَ الذَّرِيَّةِ

تُؤَثِّرُ الْقُوَى فِي الْجُسَيْمَاتِ الدَّقِيقَةِ كَمَا فِي الْأَجْسَامِ الضَّخْمَةِ. فَالْقُوَى الْمُؤَثِّرَةُ دَاخِلَ نَوَى الذَّرَاتِ هِيَ أَشَدُّ الْقُوَى، وَهِيَ الْقُوَى الَّتِي تَتَحَرَّرُ طَاقَتُهَا فِي انْفِجَارٍ قَبْلَهُ نَوِيَّةٌ.



# القوى

## القوى في الطيران

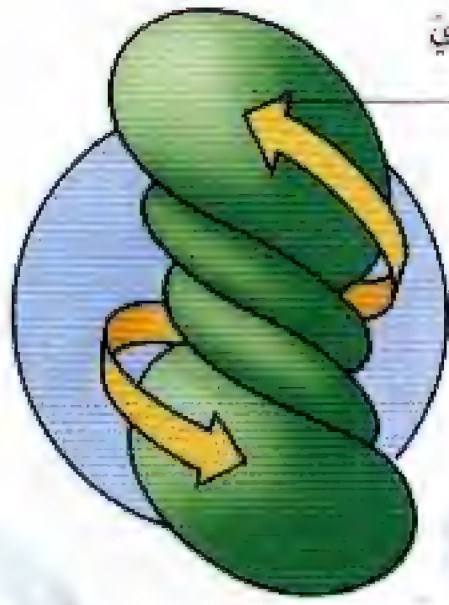
تؤثر على الطائرة أثناء الطيران قوى أربع. فالمحرك يُولد قوة الدفع إلى الأمام، والجناحان يُولدان قوة الرفع صاعدة، وقوة الجاذبية الأرضية تشد الطائرة إلى أسفل، بينما تعيق مقاومة الهواء سير الطائرة بقوة رد الفعل الناتجة عن اندفاعها فيه.



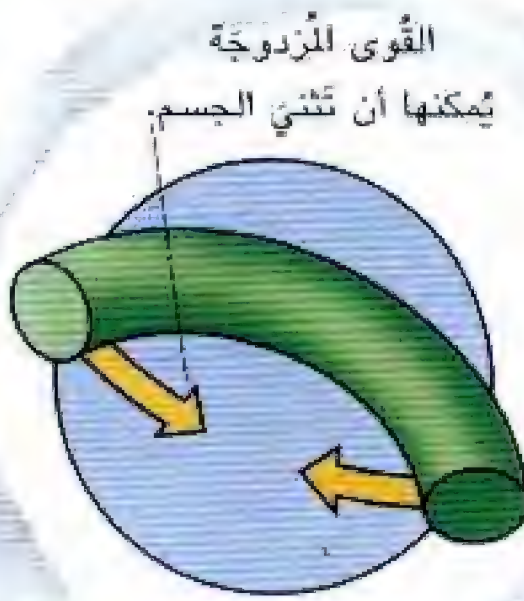
تُحيط بنا القوى من كل جانب؛ والقوة دافع أو شد يُؤثر في الجسم. فالرياح تبدل قوة حين تهب، والجاذبية الأرضية قوة تجذب الأشياء نحو مركز الأرض فتكسبها أوزانها. والحيوانات والمكينات أيضًا تؤثر بقوى مختلفة. فعندما تثب جندبة من سطح ورقة نبات، تضغط ساقها بقوة صغيرة عليها. والمكينات تُستخدم لتوليد قوى ضخمة، فالمحرك النفث يُولد قوة أكبر بملايين المرات من القوة التي تحدثها وثبة الجندبة.



القوى  
يمكنها أن  
توقف الأجسام المتحركة  
أو تُبطئ سرعتها.



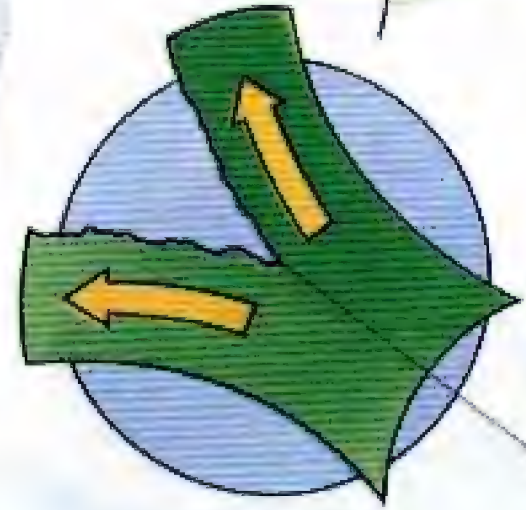
قوى الازدواج  
يمكنها أن تلوي  
أو تقفل المواد.



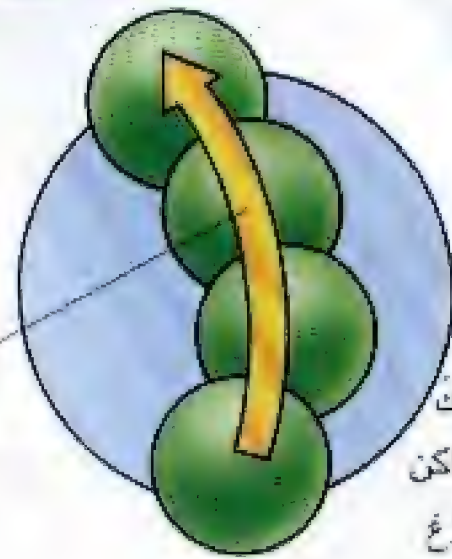
القوى المزدوجة  
يمكنها أن تثني الجسم.



القوى يمكنها أن  
تسط الأجسام.



القوى  
يمكنها أن  
تمزق  
الأشياء.



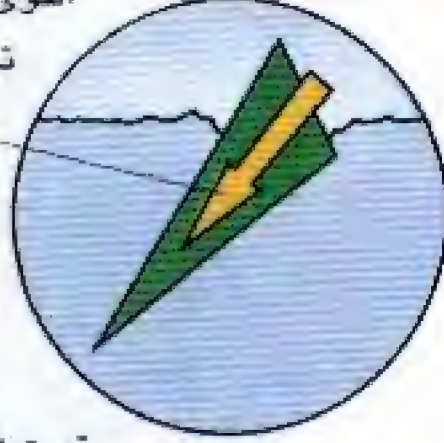
القوى يمكنها  
أن تُغيّر اتجاه  
الجسم المتحرك.

القوى يمكنها أن تحرك  
الجسم الساكن  
أو تُسرّع  
الجسم  
المتحرك.



القوى يمكنها أن  
تجعل الجسم  
المتحرك يركد.

القوى يمكنها أن  
تجعل الجسم يغوص  
أو يطفو في سائل.



قوى الازدواج يمكنها أن  
تجعل الجسم يبرم أو يدور.



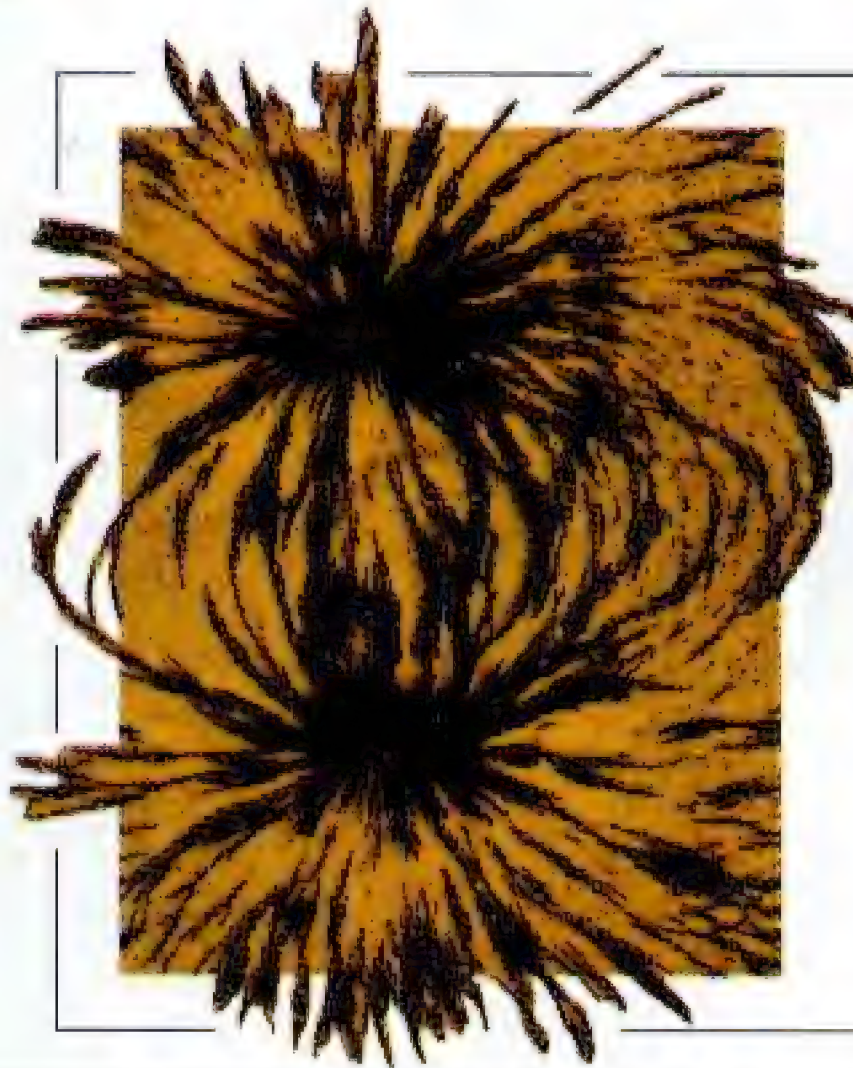
القوى يمكنها أن  
تهز الجسم أو  
تشوّقه.

## تأثيرات القوى

أربعة أشياء رئيسية قد تحدث إذا ما دفعت قوة جسمًا أو شدته. فالجسم الساكن قد يبدأ بالحركة، والجسم المتحرك قد تتغير سرعته أو يتغير اتجاهه، أو قد يتغير شكل الجسم أو حجمه بذلك. وكلما ازدادت القوة يزداد تأثيرها.

## قوى الطبيعة

بعض أحوال الطقس تولد قوى عظيمة. فالاعاصير الدوامية قد تحدث دمارًا هائلًا والضخم منها قد ينفذ عاليًا في الجو كل ما يعترض طريقه، من سيارات وأبنية وأشجار ثم يسقطها لتتحطم على بقع مئات الأمطار من مواقعها الأصلية. والإعصار الدوامي الأكثر تدميرًا هو المسجل عام ١٩٢٥ في الولايات المتحدة الأمريكية حيث قُتل مئات الأشخاص ودمرت المباني وقُلبت السيارات واقتلعت الأشجار بعرض ٣٠٠ متر على مدى مساره الشاسع.



## مَجَالَاتُ الْقُوَّة

مَجَالُ الْقُوَّة هو المِنَظَّة التي يُشعر بتأثيرها فيها؛ وتزداد شدة المجال بالاقتراب من مصدر القوة، كمغناطيس مثلاً. فإذا نثرت برادة الحديد على صفيحة ورق موضوعة فوق قضيب مغناطيسي، نراها تتجمع بموازاة خطوط القوة في المجال المغناطيسي. وتبين هذه الخطوط نسق انتشار مجال القوة حول المغناطيس.



## عبد السلام

في العام ١٩٧٩، أصبح العالم الباكستاني، عبد السلام، (المولود عام ١٩٢٦) أول شخص من بلاده ينال جائزة نوبل. كان عبد السلام يرغب في أن ينال وظيفة حكومية، لكن القدر أراد له غير ذلك إذ حصل عبد السلام على منحة لدراسة الفيزياء في جامعة كيمبردج، بإنجلترا. وهناك طوّر نظرية القوة الكهرومغناطيسية. وقد تبيّن صحة آرائه في المختبر الأوروبي للأبحاث (سيرن)، بالقرب من جنيف، سويسرا، عام ١٩٧٣.



لوحات الساتل الشمسية تولّد الكهرباء من ضوء الشمس.

الجاذبية قوة بعيدة المدى؛ فالجاذبية الأرضية تمتد أثرها بعيداً في الفضاء بحيث تبقى السواتل في مداراتها.

الطاقة الحرارية والضوئية المنبعثة من الشمس مصدرها القوى النووية في ذراتها.

## القوى الأساسية

القوى الأساسية هي الجاذبية والكهربائية والمغناطيسية ونوعان من القوة النووية ذعيا الواهنة والقوية؛ وجميع ما تبقى من القوى مُستمدٌ بشكل أو بآخر من هذه القوى الأساسية. في العام ١٩٧٩، نال جائزة نوبل للفيزياء كلٌّ من شيلدن جلاشو وستيفن واينبرغ وعبد السلام لبرهانهم أن القوى المغناطيسية والكهربائية والنووية الواهنة هي في الحقيقة مظاهر لقوة واحدة هي القوة الكهرومغناطيسية. ويحاول العلماء حالياً برهنة النظرية الموحدة العظمى (ن م ع) القائلة بوجود علاقة تربط بين الجاذبية والقوة النووية القوية وبين القوة الكهرومغناطيسية.

## قوى التماس والتلاصق

تتجّ بعض القوى فقط عندما يمسّ جسمٌ جسماً آخر، وتُعرف هذه القوى بقوى التماس أو التماس. وهناك قوى أخرى تفعل أو تؤثر دونما تماس. فالمغناطيس مثلاً، يستطيع جذب قطعة من الحديد دون أن يلمسها؛ وتُعرف هذه القوى بقوى التلاصق.

الأرض مغناطيس ضخم، تجعل قوته إبرة البوصلة تتخذ إتجاهها نحو الشمال أينما كان على سطحها.

يزداد القوة المُسلّطة على الكرة، تزداد المسافة التي تقطعها الكرة.

الكهربائية الساكنة في المسطرة تجعل قطع الورق النسيجي الصغيرة تقفّر نحو المسطرة وتعلق بها.

## القوى الكهربائية

تُشحن المسطرة اللدائنية بالكهربائية الساكنة إذا دُلكت بقميص من الصوف أو القانلة. وهذه الكهرباء تجعل المسطرة تجذب قطعاً ورقية صغيرة نحوها بدون أن تلمسها.

## الخبط بالقوة

التماس الجيد ضروري عندما يخبط اللاعب كرة البليارد بعصاه. فقوة دفع العصا تُسلط قوة تلامس الكرة فتحرّكها. وإذا ارتطمت الكرة المتحركة بكررة أخرى ساكنة، فإن صدمة التماس تحرّك الكرة الثانية.

## القوة المرنة

في القفز العالي بالرّانة (أو العسا الطويلة)، يستعين اللاعب بمرونة عصاه. فهو يُثبت طرف الرّانة في الأرض ثم يثني الطرف الآخر بقوة سفلًا وهو يقفز. وبعودة استقامة الرّانة تُسلط بمرونتها قوة دفع على اللاعب تمكنه من القفز عالياً. والتلامس حاصل هنا طبعاً بين اللاعب وعصاه!

## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- المغناطيسية ص ١٥٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الأعاصير الدوامية ص ٢٥٩



# جَمْعُ الْقَوَى وَمَحْصَلَاتُهَا

الكثير من الأجسام يُؤثّر فيها أكثر من قوّة واحدة. فوزن اليخت مثلاً، قوّة تشدّه إلى أسفل فيما يدفعه الماء إلى أعلى بقوّة مُعَادِلَةٍ تمنّعه من الغرق. وتهبّ الرّيح على الأشرعة فتدفع اليخت بقوّة عبّر الماء، لكنّ الماء يضادّ حركة المركب بقوّة تبطّئ سرعته. وتدعى النتيجة الإجمالية لتأثير قوّتين أو أكثر في جسم ما مُحَصَّلَة تلك القوى. وهكذا تعرف مُحَصَّلَة قوتين بأنّها القوّة المفردة التي لها نفس تأثير القوتين معاً. وجدير بالذكر أنّ القوى هي كمّيات مُوجّهة؛ والكمّيّة المُوجّهة ذات مقدار واتجاه يُحدّدانها.

## المُحَصَّلَة

لإيجاد مُحَصَّلَة قوَى مُتعدّدة يتوجّب أخذ اتجاه ومقدار كلّ منها بالاعتبار. وعندما تُسلّط قوتان على الجسم وتميل إحداهما عن الأخرى بزاوية مُعيّنة تقع المُحَصَّلَة بين القوتين.



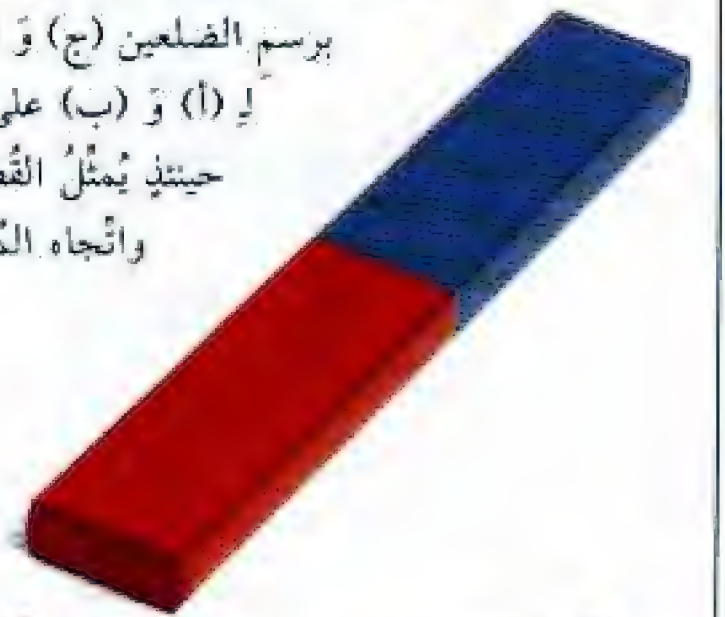
فريقا عمّال من قُدّماء المصريين يجزّون كتلة ضخمة من الصخر بمُحَصَّلَة قوتين مُتوازيتين.



المُحَصَّلَة تُجرّ الكتلة إلى الامام.

## مُتَوَازِي الْقَوَى

إذا أثّرت قوتان في جسم باتجاهين مختلفين، وبزاوية مُعيّنة بينهما، يُمكننا إيجاد مُحَصَّلَاتِهِمَا برسم مُتَوَازِي أضلاع يُمثّل الضلعان (أ) و (ب) فيه مقدار واتجاه القوتين. ثم نكمل المُتَوَازِي برسم الضلعين (ج) و (د) مُوازيتين لـ (أ) و (ب) على التوالي. حينئذٍ يُمثّل القطر (هـ) مقدار واتجاه المُحَصَّلَة.



عندما يجذب قضيبا المغنطيس الكُرّيات الفولاذيّة بقوتين متساويتين ومُتضادّتين، تبقى الكُرّيات ساكنة في مواقعها ولا تتحرّك نحو أيّ من المغنطيسين.



## القوى المُتَسَاوِيَة

عندما تُشدّ القوَى في اتجاه واحد فَمُحَصَّلَاتُهَا هي مجموعها. فإذا عمِلَت قاطرتان معاً على جرّ قطار في الاتجاه نفسه، فإنّ قوتيهما تتضافران، وتكون المُحَصَّلَة ضعف قوّة القاطرة الواحدة.

## القوى المُتَسَاوِيَة المُتضادّة

إذا سلّطت قوتان على جسم في اتجاهين مُتضادّين فَمُحَصَّلَاتُهُمَا هي الفرق بينهما وتؤثّر في اتجاه القوّة الأكبر. وإذا كانت القوتان مُتساويتين، فإنّهما تتعادلان - أي تُعادل إحداهما الأخرى، وتكون المُحَصَّلَة صفراً، فلا يتحرّك الجسم.



## رَفْعُ الْأَثْقَالِ

إذا أثّرت قوتان مُختلفتا المقدار في جسم في اتجاهين مُتضادّين، فاتجاه المُحَصَّلَة هو اتجاه القوّة الأكبر. لذلك يُجهّد رافع الأثقال في بذل قوّة رفع قصوى على الثقل المُراد رفعه، في حين يشدّ الثقل بوزنه إلى أسفل. إنّ على رافع الأثقال أن يبذل قوّة رفع أكبر من وزن الثقل كي يستطيع رفعه. أمّا إذا كان وزن الثقل هو الأكبر فإنّ الثقل سيسقط مُرتدداً إلى الأرض.

## لمزيد من المعلومات انظر

القوى ص ١١٤  
القوى في الموائع ص ١٢٨  
الظنن والغطس ص ١٢٩  
المغنطيسيّة ص ١٥٤  
حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# القوى المتوازنة



إذا سُلطت قوّة على جسم ولم يحدث شيء، فهذا يعني أنّ القوّة المسلّطة توازنها قوّة أخرى. ففي لعبة شدّ الحبل مثلاً، قد يشدّ كلّ من الفريقين بجهد وقوّة بالغين والحبل باقٍ في موضعه. ذلك لأنّ قوَى الفريقين متعادلة؛ فهما يشدان في اتجاهين متضادين بقوَى متساوية، بحيث يكون الناتج الإجمالي لقوَى الفريقين محصّلة صفرية. فنقول إنّ الحبل أو الجسم في حالة توازن. وحين تجلس أنت على كرسي، فإنك تضغط عليه إلى أسفل بقوّة تُعادل وزنك. وإذا لم يتقوّض الكرسي، فذلك لأنّه يدفع إلى أعلى بقوّة مساوية لوزنك.

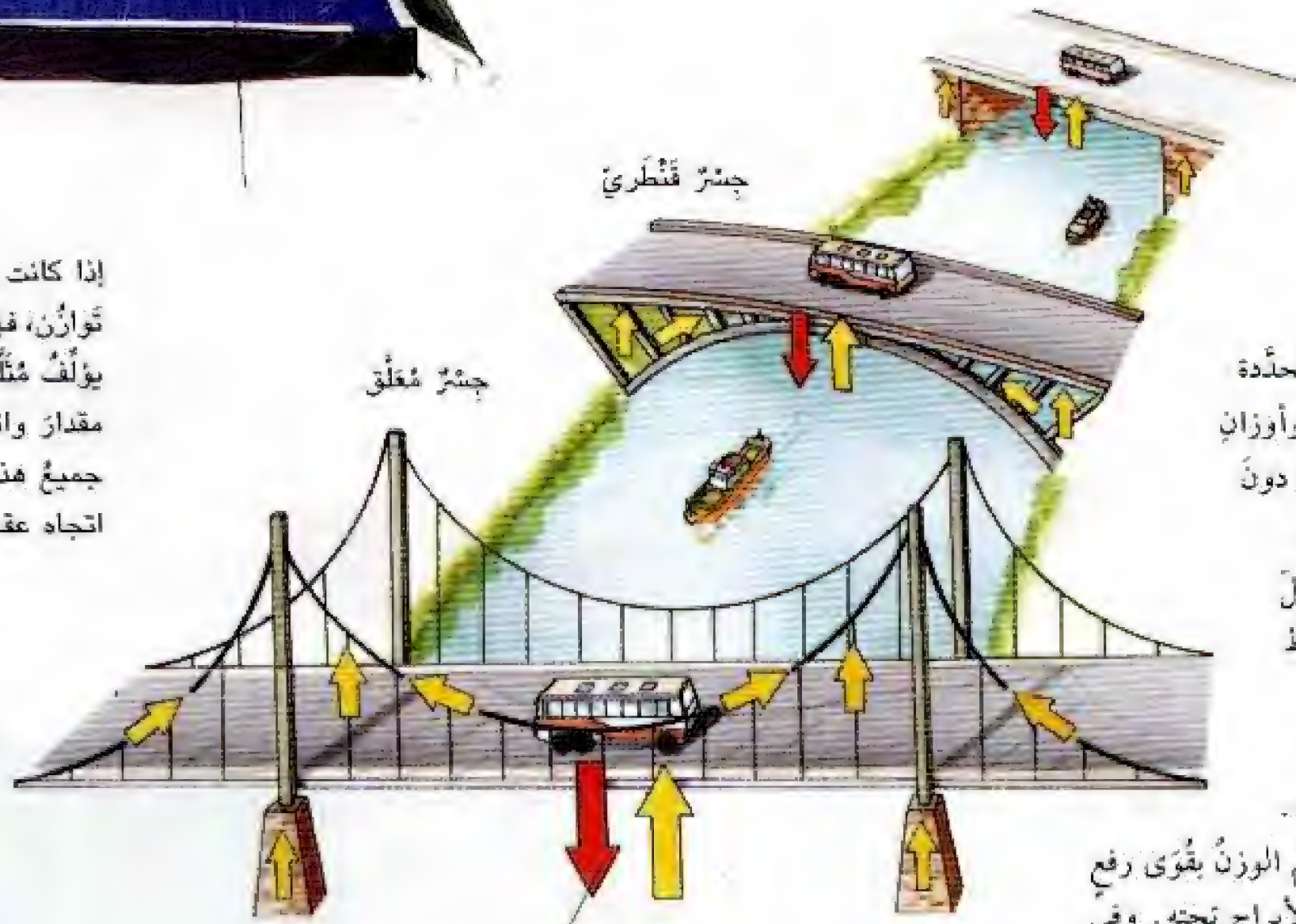


إذا انقطع أحد حبال الخيمة، يَخْلُ التوازن وتنهار الخيمة.

شدّ الحبال في الخيمة عندما تُنصب الخيمة بشكل صحيح تُرسبها جبالها المشدودة من مختلف جوانبها، فلا تقوّض. فالحبال من كلّ جانب في الخيمة تشدّ في اتجاه مُضاد لِشدّ حبال الجانب الآخر، فتوازن شدادات الخيمة من كافة الجوانب وتُرسبها.



إذا كانت ثلاث قوَى في حالة توازن، فإنّ رسمها بقياس نسبي يُولف مثلثاً - تُمَثّل فيه الأضلاع مقدار واتجاه القوَى. وتكون جميع هذه الاتجاهات موحدة في اتجاه عقارب الساعة أو عكسها.



الجسر مُعلّق  
الوزن الشاد إلى أسفل تواجهه  
قوى رُفِع إلى أعلى.

جسر عثبي

## بناء الجسور

يُبنى الجسور بمواصفات محدّدة لتستطيع حمل أوزانها هي وأوزان حركة المرور الكثيف عبّرها دون أن تنهار. فلا بُدّ أن توازن قوَى الشدّ المتوقّعة إلى أسفل بقوَى الدفع إلى أعلى. أبسط أنواع الجسور هو الجسر العثبي (الأفقي العوارض) المُدعّم بـرّج من كلّ طرف. أمّا في الجسر المُعلّق فيدعّم الوزن بقوَى رفع من الكيّلات فوقه كما من الأبراج تحته. وفي الجسر القنطري، تتغلّب إنشاءات القنطرة المقوّسة الوزن إلى الدعائم في طرفيه.

## المثلث هو الأمتن

الشكل المثلثي هو الأمتن كوحدة بناء؛ فهو فريد في مقاومته للإفتال أو الليّ والانهار تحت الضغط. لذا يُصمّم الكثير من المباني والجسور على أساس أشكال مثلثية. إنّ القطاعات المثلثية في القبة الرّادارية أعلاه، تسمح ببنائها من الرّجاج اللّيفي، الذي هو، بخلاف الخرسانة، شفافٌ للأمواج اللاسلكية.

## القوى في الأبنية

يُصمّم مهندسو العمارة الأبنية بحيث تكون القوى المؤثرة على جدرانها وأساساتها متوازنة، وإلاّ تعرضت للانهار. ويلاحظ أنّ الجدران الخارجية لكثير من كاتدرائيات العصور الوسطى مستدّة بدعائم زافرة تنتصب عالياً من الأرض لموازنة تلك الجدران في حمل وزن السقف الهائل. وفي الصورة المرفقة بعض أكثر هذه الدعائم تعقيداً في كاتدرائية لمان، بفرنسا!



## حمل الحمل

كُنّي يتمكّن الفيل من حمل جذع الشجرة ينبغي أن يرفعه شاقولياً بقوة شدّ إلى أعلى تزيد قليلاً على وزن الجذع أي القوّة التي تُشدّه سفلاً. فالقوتان المتضادتان تُعادلان إذا كانتا متساويتين ومتساويتين.

### لمزيد من المعلومات انظر

- تصميم المواد ص ١١١
- القوى ص ١١٤
- القوى والحركة ص ١٢٠
- الجاذبية ص ١٢٢
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الرّاديو ص ١٦٤



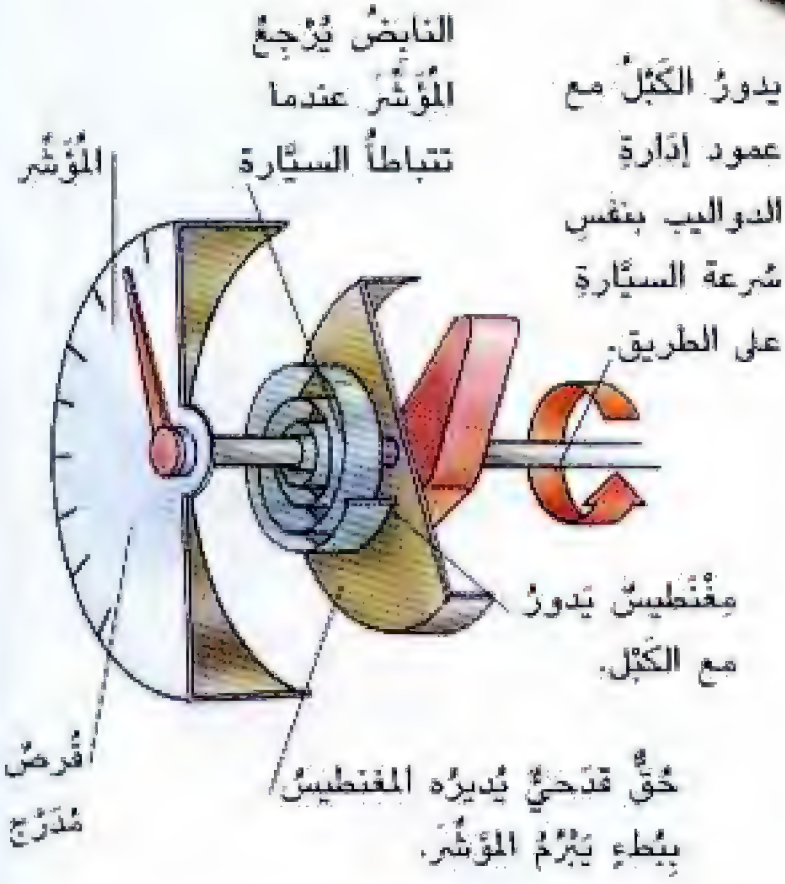
# السرعة

## السرعة النسبية

السرعة النسبية لجسمين متحركين هي السرعة التي يبدو أن أحدهما يتحرك فيها عندما يُرصد من الجسم الآخر. فالسرعة النسبية لسيارتين متحركتين بالسرعة نفسها في الاتجاه نفسه تساوي صفراً.



عندما نقول إن سيارة تسير بسرعة ٥٠ كم في الساعة فذلك يعني أن السيارة تستغرق ساعة من الوقت لتقطع مسافة ٥٠ كم. وهذا صحيح فقط إذا كانت السيارة تسير بسرعة ثابتة - أي بالسرعة نفسها دون تغيير. لكن السيارة في رحلة حقيقية تبطئ أحياناً، وتسرع أحياناً أخرى؛ لذا فمن المفيد احتساب معدل السرعة. فإذا قطعت السيارة ٢٠٠ كم في ساعتين، عندئذ يكون معدل سرعتها ١٠٠ كم في الساعة - أي المسافة المقطوعة مقسومة على الزمن. السرعة، علمياً، لا اتجاه محدد لها، لذا فهي كمية لا موجهة. أما السرعة في اتجاه محدد، فتعرف بالسرعة الاتجاهية وهي كمية موجهة.

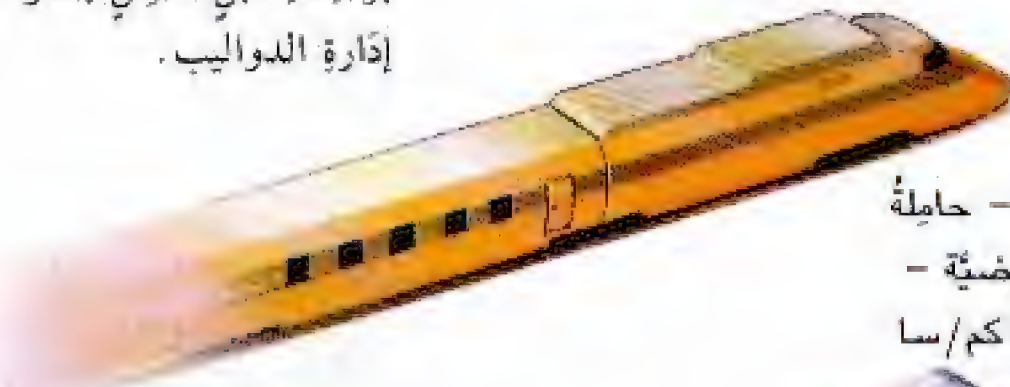


## عداد السرعة

يُبين عداد السرعة في السيارة السرعة الآتية - أي السرعة التي تسير بها السيارة في تلك اللحظة. ويدار عداد السرعة بواسطة كبل متصل بعمود إدارة الدواليب.

أشجع القطارات السريعة - ٥١٥ كم/سا

طائرة نفاثة - ٢٥٢٩ كم/سا



سيارة السباق ثرشت ٢ - حاملة الرقم القياسي للسرعة الأرضية - ١٠١٩ كم/سا

## سرعات مختلفة

يسري الضوء بسرعة ٣٠٠ ألف كم في الثانية، ويسير الكسلان، وهو من حيوانات أمريكا

الاستوائية، بسرعة لا تتجاوز ١٢٠ متراً في الساعة حتى إنه لمن الصعب أن تراه وهو يتحرك فعلاً. وللمقارنة إليك السرعات المختلفة لبعض الأشياء:

زورق سباق آلي - ١٦٦ كم/سا

سيارة رياضة - ٢٢٥ كم/سا

فهد - ٩٦ كم/سا

إنسان - ٣٦ كم/سا

أرنب - ٤٠ كم/سا

حلزون - ٠,٠٥ كم/سا

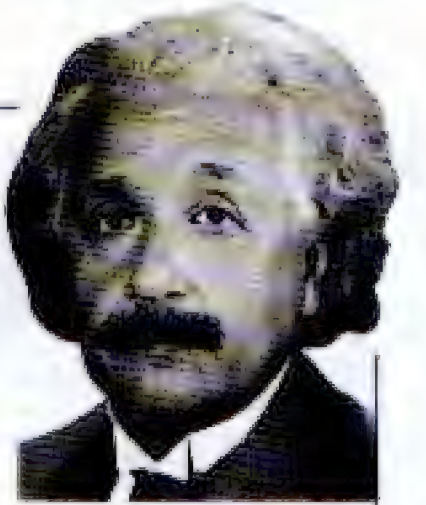
## توقيت الإنهاء

في نهاية السباق، يمر الرياضيون أمام مصورة فوتوغرافية تلتقط صورهم، طوال فترة الوصول، مؤقتة بساعة حاسوبية مضبوطة لجزء من ألف من الثانية. وبعد التظهير، تبين الصورة الفاتر في السباق والوقت الذي سجله.



## ألبرت أينشتاين

ألبرت أينشتاين (١٨٧٩-١٩٥٥) أحد أعظم العلماء على مر العصور وُلِدَ في ألمانيا، وهو صاحب نظرية النسبية المشهورة. أصبح أستاذاً للفيزياء في جامعة برلين، ونال جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٢١. ترك أينشتاين ألمانيا واستقر في الولايات المتحدة الأمريكية. وتعتبر نظريته في النسبية الخاصة والعامة أساس أفكارنا عن الكون.



## النظرية النسبية

عام ١٩٠٥، نشر أينشتاين نظريته النسبية، التي تنظر بأن مرور الزمن يبدو بطيئاً على جسم يسير بسرعة تقارب سرعة الضوء. وأن لا شيء في الكون يستطيع السير أسرع من الضوء. فالساعة في قطار ينطلق بسرعة تقارب سرعة الضوء، تبدو بطيئة الحركة لشخص خارجه. وقد اكتشف أينشتاين أيضاً أن المادة يمكن أن تُحوّل إلى طاقة؛ وهذا بالفعل هو مصدر الطاقة في انفجار ذري أو في مفاعل نووي.

## لزيد من المعلومات انظر

- جمع القوى ومحصلاتها ص ١١٦
- التسارع ص ١١٩
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الضوء ص ١٩٠
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- دورة حياة النجوم ص ٢٨٠
- الحركة ص ٣٥٦

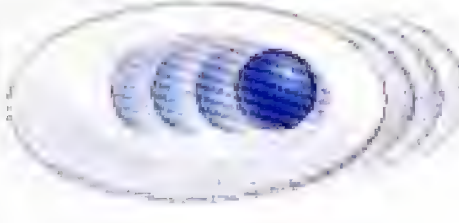


# التسارع



تتخرج الكرة  
إلى الأمام عندما  
يتسارع الطبق  
إلى الوراء.

تتخرج الكرة  
إلى الوراء عندما  
يتسارع الطبق  
إلى الأمام.



## تطبيقات على التسارع

يساعد جهاز الطيران الأوتوماتي قاعة الطائرات الحديثة في قيادة طائراتهم. ويضم هذا الجهاز مقياس تسارع يتحسس التغير الحاصل في سرعة الطائرة - عمودياً أو أفقياً. فإذا تسارعت الطائرة في اتجاه ما، يتحرك جزء من مقياس التسارع في الاتجاه المضاد - إلى حد ما ككرة في طبق - فيكشف حاسوب هذا التحرك ويعيد الطائرة إلى مسارها المحدد.

## السرعة النهائية

كل جسم ساقط، كالغطاس الجوي، يتسارع أثناء السقوط لأن جاذبية الأرض تسرع كافة الأجسام الساقطة بحرية بمعدل ثابت مقداره ٩,٨ في الثانية في الثانية. (أي تزداد سرعة الجسم الساقط ٩,٨ في الثانية كل ثانية). لكن الجسم لا يمكنه السقوط فعلاً بحرية، لأن الاحتكاك بينه وبين الهواء (أي مقاومة الهواء) يؤثر ضد الجاذبية. وتزداد مقاومة الهواء كلما ازدادت سرعة الجسم الساقط. وعندما تعادل مقاومة الهواء قوة الجاذبية، يتوقف تسارع الجسم فيتابع سقوطه بسرعة مطردة، تدعى السرعة النهائية.

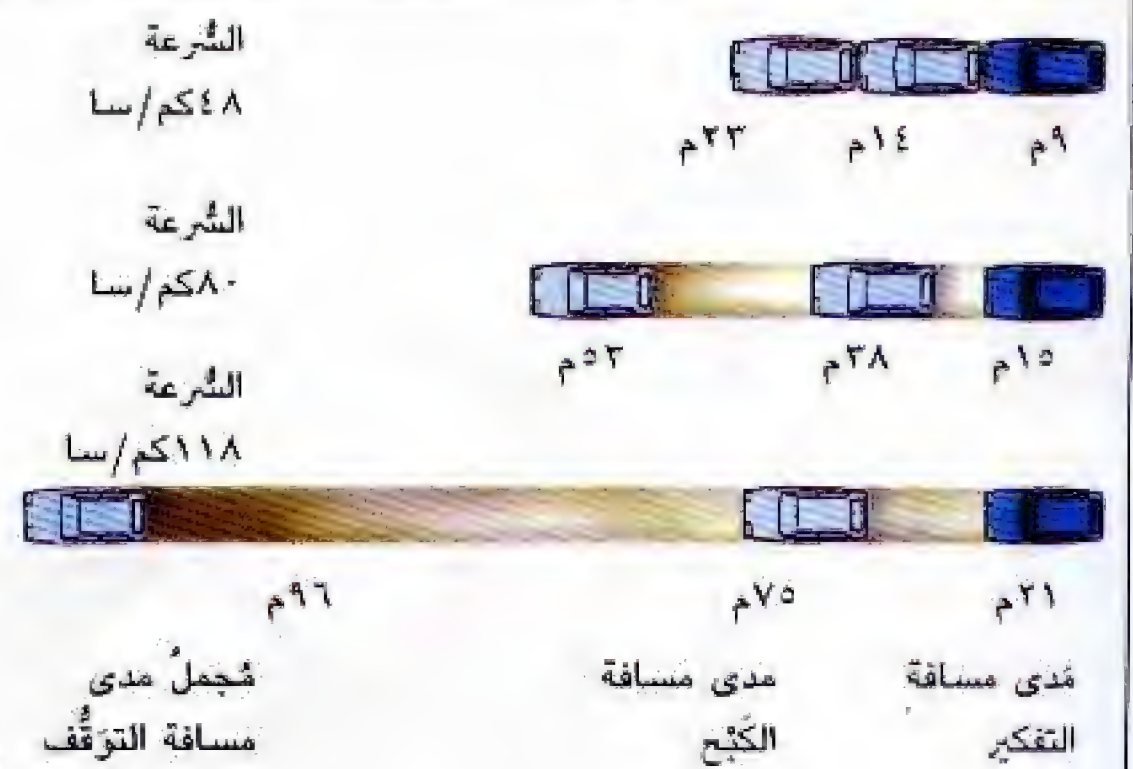
## سباقات التسارع

يُحسب التسارع بقسمة تزايد السرعة على الوقت اللازم لبلوغ تلك السرعة. ويقاس بوحدات معينة كالكيلومتر في الساعة في الثانية مثلاً. ففي سباق التسارع مثلاً، قد تسارع السيارة من صفر إلى ٤٧٦ كم/سا في ٤,٨٨ ثانية (أي ٩٧,٥ كم/سا في الثانية). وعلى

السائق استخدام مظلة  
تقاصر ليوقف السيارة  
قبل نهاية المضمار.



عندما تزايدت سرعة السيارة، يُقال إنها تسارعت. وإذا كنت مسافراً في سيارة وتسارعت فجأة فإنك ترتد في مقعدك إلى الوراء. تسارع السيارة عندما يضغط السائق دواسمة المعجل بقدمه؛ وبازدياد ضغطه، يزداد تسارعها. التسارع قياس لمقدار تزايد السرعة، فإذا تناقصت السرعة يكون التسارع سلبياً، ويُعرف عندئذ بالتقاصر. ويحدث التسارع والتقاصر عندما تسلب قوة غير موازنة على جسم متحرك في اتجاه مساره.



## مدى مسافات التوقف

من ضمانات السلامة في السيارات قدرتها دوماً على التسارع أو التقاصر بسرعة. والمكابح الجيدة ضرورية بنوع خاص، لأنه بزيادة سرعة السيارة، وزيادة حمولتها، تزداد صعوبة إيقافها. ويُبين أعلاه مسافات التوقف الدنيا لسيارة متوسطة في حالة توقف طارئ - علماً أن مسافة التفكير هي المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن يعمد مُنكسر السائق فعلاً إلى أعمال المكبح، ومسافة الكبح هي المسافة التي تقطعها السيارة بعد أعمال المكبح. ونلاحظ أن مسافة التوقف الدنيا للسيارة المطلقة بسرعة ١١٨ كم/سا أطول من ملعب كرة القدم!

ترتد الكرة المنتططة إلى  
أعلى أخفض مرة بعد  
الأخرى لأنها تخسر  
الطاقة تدريجياً.

تنتط الكرة من اليسار  
إلى اليمين.

## الكرة المنتططة

تسارع الكرة المنتططة سقوطاً وتقاصر صعوداً. فإثناء سقوطها تقطع مسافة أكثر كل عُشر من الثانية؛ وأثناء صعودها تقطع مسافة أقل كل عُشر من الثانية. وفي الملعب الأقصى لكل ارتداد، تبلغ الكرة حالة الشكون للخطئة من الزمن.

## لمزيد من المعلومات انظر

- السرعة ص ١١٨
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- قياس القوى ص ١٢٣
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- الصورايخ ص ٢٩٩



# القوى والحركة



## في الهواء

إذا رميت كرة بقوة،

فإنها في الوقت

نفسه تسير فعلاً في اتجاهين: إلى الأمام

بسرعة ثابتة نوعاً، وإلى أسفل بسبب

الجاذبية الأرضية. والمسار الذي تتخذه

الكرة هو حسيطة الحركتين.



## القصور الذاتي (العطالة)

بدفع فريق التزلج زلاجه بشدة ليبدأ

تحريكها، ثم يتابع الدفع لزيادة

سرعتها. إن زعة الزلاجة لمقاومة

وضعها السكوني أو الحركي

تدعى العطالة أو القصور

الذاتي. والأجسام جميعها ذات

قصور ذاتي يزداد بزيادة كتلتها.

الجسم المتحرك يبقى متحركاً ما لم تعمل قوة على إيقافه؛ والمركبات الفضائية تؤكد ذلك. فهي تمحر الفضاء إلى الأبد بسرعة ثابتة حتى تؤثر قوة فيها. وقد استغرق توصل البشر إلى هذا المفهوم قرابة ألفي سنة. فقد اعتقد المفكر الإغريقي، أرسطو أن الجسم يتحرك فقط إذا دفعته أو جرته قوة؛ وهو يتوقف عن الحركة عند إزالة تلك القوة. لكن هذا لم يفسر سبب متابعة الكرة المقذوفة مسارها في الهواء بعد انطلاقها من يد الرامي. وفي القرن السادس عشر، تقدم العالم الإيطالي، غاليليو، بنظرية

أفضل، تقول بعدم حاجة الجسم المتحرك إلى قوة كي يستمر في حركته - إنما القوة ضرورية فقط لبدء تحريك الجسم أو وقفه أو تسريعه. وفي العام ١٦٨٧، اعتمد العالم البريطاني، إسحق نيوتن، على أفكار غاليليو وتجاربه في وضع قوانين الحركة الثلاثة المعروفة باسمه.

القوة التي تدفع الضفدع  
صعداً في الهواء تراقبها قوة  
رد فعل مساوية ومضادة  
تدفع ورقة النيلوفر (زنبق  
الماء) نزولاً.

تبدل عضلات ساق  
الضفدع قوة تدفعه  
في الهواء.

يبقى الضفدع  
ساكناً ما لم تؤثر  
فيه قوة غير  
موازنة.



## قانون نيوتن الثالث

ينص قانون نيوتن الثالث على أن لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومضاد له في الاتجاه. فأنت حين تدفع أو تجر جسمًا ما، فالجسم بدوره يدفعك أو يجرك بالمقدار نفسه.

الطريقة الفضلى لالتقاط الكرة هي أن ترتد معها رجوعاً بحيث يدوم الارتباط فترة أطول فتقل القوة.



## كمية التحرك

لكل جسم متحرك كمية

تحرك ثابتة بظل محتفظاً

بها ما لم تؤثر فيه قوة.

فلكي تلتقط كرة متجهة

نحوك، عليك أن تبدل

قوة تصد كمية تحريكها

وتوقفها. لكن الكرة

عند إزطامها بيدك، تبدل

بدورها قوة تغير كمية تحرك

يدك. وكمية التحرك التي

تكسبها يدك تساوي كمية التحرك التي

تخسرها الكرة. وتزداد كمية التحرك

بازدياد كتلة الجسم وسرعته.

## قانون نيوتن الثاني

ينص قانون نيوتن الثاني على أنه إذا سلطت قوة على جسم فإن الجسم قد يبدأ بالتحرك أو يتسارع أو يتناقص (تباطأ) أو يغير اتجاهه، ويتناسب تغير كمية الحركة مع القوة ويتخذ اتجاهها.

## قانون نيوتن الأول

الضفدع القافز من ورقة النيلوفر الطافية يوضح عملياً قوانين الحركة لنيوتن. القانون الأول ينص على أن الجسم يظل في حالة سكون أو حركة منتظمة في خط مستقيم، ما لم تؤثر فيه قوة تغير وضعه.

## إسحق نيوتن

إسحق نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧)، أحد أعظم العلماء على مر العصور، وُلد في لينكولنشاير، بإنكلترا. وقد أُرسل إلى جامعة كيمبردج عام ١٦٦١؛ لكنه، حين ضرب الطاعون مدينة كيمبردج، خلال العامين ١٦٦٥-١٦٦٦، عاد إلى مسقط رأسه حيث حقق أهم اكتشافاته، فصاغ قوانين الحركة المعروفة باسمه، واخترع حساب التفاضل والتكامل لكي يعبر عنها. كما إنه (في قانون الجاذبية العام) شرح كيف أن الجاذبية تبقي الكواكب في مداراتها حول الشمس. وقد كُرم نيوتن بالدفن مع المشاهير في دير وستمنستر بلندن.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الفيزياء ص ١١٤
- التسارع ص ١١٩
- الجاذبية ص ١٢٢
- المحركات ص ١٤٣
- المستري ص ٢٩٠
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- البرمانيات ص ٣٢٨



# الاحتكاك

مِن الصَّعْبِ أَنْ تَجْرَّ جَمَلًا ثَقِيلًا فَوْقَ سَطْحٍ خَشِنٍ؛ لِأَنَّ قُوَّةَ الاحتكاك بين السَّطْحَيْنِ تَقَاوُمٌ ذَلِكَ. السَّطْحَانِ الْأَمْلَسَانِ تَمَامًا لَا يَحْدُثُ بَيْنَهُمَا احتكاك، لَكِنَّ هَذَا لَا يَوْجَدُ فِي الْوَاقِعِ. فَالاحتكاكُ يَحْصُلُ بَيْنَ أَيِّ سَطْحَيْنِ يَنْزِلِقُ وَاحِدُهُمَا عَلَى الْآخَرِ لِأَنَّ الْقَطْعَ الْخَشَنَ فِي سَطْحَيْهِمَا، مَهْمَا كَانَتْ دَقِيقَةً، تَعْلُقُ فِيمَا بَيْنَهُمَا. وَتَزْدَادُ قُوَّةُ الاحتكاكِ كُلَّمَا زِدَادَتْ خَشُونَةُ السَّطْحَيْنِ. الاحتكاكُ يَجْعَلُ جَرَّ الْأَثْقَالِ الْكَبِيرَةِ صَعْبًا. وَيُسَبِّبُ الاحتكاكُ الْمُتَوَاصِلُ الْحَثَّ حَتَّى فِي الْمَعَادِنِ وَالْفِلِزَّاتِ. وَلَكِنْ لِلاحتكاكِ فَوَائِدُهُ أَيْضًا، فَبِدُونِهِ يَسْتَوِرُ كُلُّ شَيْءٍ بِالْانزِلَاقِ إِلَى مَا لَانْهَاءِهِ؛ وَلَنْ تَسْتَطِيعَ أَيْدِينَا قَبْضَ الْأَشْيَاءِ وَلَنْ نَتِمَكَّنَ مِنَ الْمَشْيِ إِذْ سَنَنْزِلِقُ كَالْمَتَرْلُجِينَ عِنْدَ أَوَّلِ خُطْوَةٍ نَقُومُ بِهَا.

## مقاومة الهواء

عندما يندفع جسمٌ عبرَ الهواءِ، ترتطمُ به جُزَيئاتُ الهواءِ مُخَدِّتَةً احتكاكًا تُسَمِّيهِ مُقاومةَ الهواءِ. وهذه المُقاومةُ تتعاطمُ بازديادِ سُرْعَةِ الْجِسْمِ. الأشياءُ تَسْرُعُ بِالاحتكاكِ، كما يَحْدُثُ لِلشَّهْبِ وَالْبَارِكِ التي تحترقُ أو تَتَفَكَّكُ عِندَ جَوِّ الْأَرْضِ بِشِدَّةِ الاحتكاكِ.

ينحني راكبُ الدراجة بجسمه إلى الأمام مُتَّخِذًا شَكْلًا انسيابيًّا مُشَقًّا لِتَقْلِيلِ مُقاومةِ الهواءِ.

الخوذة انسيابية الشكل قدر الإمكان.

مقبضُ المقود مُغطَّيانِ بِمَادَّةٍ خَشِنَةٍ لِزِيَادَةِ الاحتكاكِ وَتَشْدِيدِ قَبْضَةِ يَدَيِ الرَّائِكِ عَلَيْهِمَا.

تَضْغُطُ لَبِنَتَا (لَقْمَتَا) الْمِكْبَحِ عَلَى جِثَارِ الدُّوَلَابِ فَتُبْطِئُ حَرَكَتَهُ بِالاحتكاكِ.

يُسَبِّبُ إِطَارَا الدُّوَلَابَيْنِ بِالطَّرِيقِ بِفَضْلِ الاحتكاكِ؛ كَمَا يَسْمَحُ نَسْقُ تَحْرِيزِ مَدَاسِيهِمَا لِلْمَاءِ بِالْإِفْلَاتِ مِنْ تَحْتَهُمَا، فَلَا يَنْزِلِقَانِ بِتَوَاجُدِ مَاءٍ عَلَى الطَّرِيقِ يَخْفُفُ الاحتكاكُ.

يَسْرِي الرُّيْتُ إِلَى دَاخِلِ «نَقَرِ» السَّطُوحِ الْخَشِنَةِ.

## الاحتكاك في كل مكان

تؤثرُ قوى الاحتكاك في عِدَّةِ أَمَاكِنَ فِي الدَّرَاجَةِ. فَالاحتكاكُ فِي بَعْضِ الْأَجْزَاءِ كَلَيَْنَاتِ الْمِكْبَحِ وَجِثَارِي الدُّوَلَابَيْنِ مُهِمٌّ وَضَرْوَرِيٌّ. بَيْنَمَا فِي أَجْزَاءٍ أُخْرَى كَالْمَسْنَنَاتِ، فَيُهِمُّنَا أَنْ يَكُونَ الاحتكاكُ فِي حَدُودِهِ الدُّنْيَا.

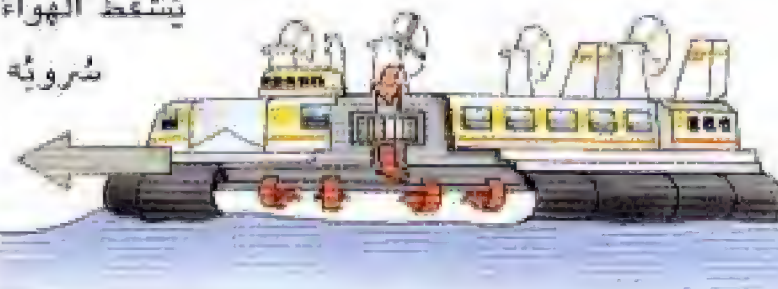
سَطُوحُ الدُّوَلَابَيْنِ الْخَشِنَةُ وَالشَّدِيدَةُ الاحتكاكُ تَمْنَعُ قَدَمِي الدَّرَاجِ مِنَ الْانزِلَاقِ. الرُّيْتُ الْمَسْنَنَاتُ وَالسَّلْسِلَةُ لِتَقْلِيلِ الاحتكاكِ.

## كريستوفر كركيل



المُهندِسُ الْبَرِيطَانِيُّ، كَرِيسْتوفرُ كُكْرِيلُ (الْمَوْلُودُ عَامَ ١٩١٠) إِخْتَرَعَ الْحَوَامَةَ عَامَ ١٩٥٥. وَكَانَ عِمَادُ فِكْرَتِهِ اسْتِخْدَامَ نَوَافِيرَ تَنْفِثِ الْهَوَاءِ إِلَى أَسْفَلٍ بِقُوَّةٍ عَظِيمَةٍ تَرْفَعُ الْمَرْكَبَ فَوْقَ سَطْحِ الْمَاءِ أَوْ الْبَالِيسِ السَّهْلِ فَيَسَابُ دُونَ احتكاكٍ بِهِمَا. وَحِينَ أَنبَأَ كُكْرِيلُ الْحُكُومَةَ الْبَرِيطَانِيَّةَ بِإِخْتِرَاعِهِ أَهْتَمَّ الْمَسْئُولُونَ بِالْأَمْرِ وَاعْتَبَرُوهُ بِالْغِثِ السَّرِيَّةِ. لَكِنَّهُ لَا حَقًّا، أُعْطِيَ الْإِذْنَ بِتَصْنِيعِ الْمَرْكَبِ الْجَدِيدِ؛ فَكَانَ أَنْ أُنْزِلَتْ إِلَى الْبَحْرِ أَوَّلُ حَوَامَةٍ كَبِيرَةٍ عَامَ ١٩٦٩.

يُسْفَطُ الْهَوَاءُ وَيُنْفَثُ بِقُوَّةٍ تَحْتَ الْحَوَامَةِ؛ وَيُفَنِّعُ سُرُوبُهُ بِإِزَارٍ مَرُونٍ حَوْلَ بَدَنِ الْمَرْكَبَةِ. فَتَحْمَلُ الْحَوَامَةُ فَوْقَ مَخَدِّ هَوَائِيَّةٍ تَقْلِلُ الاحتكاكَ بَيْنَمَا تَدْفَعُهَا مَرَاوِخُ الدَّسْرِ إِلَى الْأَمَامِ.



## الشكل الانسيابي في الطبيعة

تُعَانِي الْأَجْسَامُ السَّارِيَةُ فِي الْمَاءِ الاحتكاكُ أَيْضًا، وَهُوَ مَا يُعْرَفُ بِمُقاومةِ الْمَاءِ. فَالطَائِرُ الْغَاطِسُ لَا لَتَقَاطُ سَمَكَةٍ، يَزُمُّ جَنَاحِيَهُ إِلَى الْوَرَاءِ مُتَّخِذًا شَكْلًا انسيابيًّا. وَالْمَعْرُوفُ أَنَّ غَالِيَةَ الْأَسْمَاكِ ذَاتَ أَشْكَالٍ مُشَقَّةٍ انسيابية تُسَرُّ حَرَكَتَهَا فِي الْمَاءِ.

## تقليل الاحتكاك

يُسَبِّبُ الاحتكاكُ تَأْكُلَ أَجْزَاءِ الْمَكِينَاتِ بِالْحَثِّ، لَكِنَّهُ يُخَفِّضُ كَثِيرًا بِاسْتِخْدَامِ مَحَامِلِ كُرِّيَّاتٍ مُرَلَّقَةٍ أَوْ مُعْطَاةٍ بِالرُّيْتُ. وَتَتَمَيَّزُ مَحَامِلُ الْكُرِّيَّاتِ بِأَنَّهَا تَنْدَخِرُ بَعْضُهَا عَلَى بَعْضٍ بِدَلِّ الشَّحْبِ أَوْ الْجَرِّ.

## لزيد من المعلومات انظر

- التَّسَارُعُ ص ١١٩
- قِيَاسُ الْقُوَّةِ ص ١٢٣
- الْمَكِينَاتُ ص ١٣٠
- الْمُحَرَّكَاتُ ص ١٤٣
- الْمُدْبِئَاتُ وَالْبَيَازُكُ ص ٢٩٥



# الجاذبية



على الأرض

على القمر

## الكتلة والوزن

الكتلة والوزن شيان مختلفان. فكتلة الجسم هي كمية المادة الداخلة في تركيبه وهي ثابتة، بينما وزنه هو قوة الجاذبية، على كتلته، وهي متغيرة. فمثلاً وزن كومة من الفريز على سطح القمر هو سدس وزنها على سطح الأرض، لأن جاذبية القمر سدس جاذبية الأرض.

إذا وقع منك شيء فإنه يسقط نحو الأرض، والقوة التي تسبب ذلك هي جاذبية الأرض. والجاذبية ليست مقصورة على الأرض، فجميع الأجسام تجذب بعضها جذباً متبادلاً. القمر له جاذبيته والشمس كذلك - وجاذبية الشمس هي التي تبقى الكواكب في المدارات حولها. قانون الجاذبية لنيوتن ينص على أن قوة التجاذب بين جسمين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما.

## مركز الثقل

مركز ثقل الجسم هو النقطة التي يبدو أن تأثير الجاذبية، أو كامل وزن الجسم، مركّز فيها. ويسكن موازنة الجسم بتركيزه مباشرة في خط مساميت لمركز ثقله. وتكون الموازنة الأسهل إذا كان مركز ثقل الجسم خفيفاً.



مركز الثقل

هذه الفليضة مركّزة على رأس إبرة، وهي متوازنة لأن الشوكتين الثقيلتين اللذاتين دولها، جعلنا وزن كامل المجموعة، ومركز الثقل، خفيفاً أكثر إلى أسفل، مباشرة تحت نقطة الارتكاز.

١. غلق الجسم وخطب الشاقول معاً من النقطة نفسها، ارسم خطاً في موقع خيط الشاقول.



خيط الشاقول

## تعيين مركز الثقل

تعيين مركز الثقل لجسم مسطح، كهذه الطائرة الورقية، أمر سهل. غلق الجسم وخطب الشاقول معاً وارتكهما بترجحان بحرية. عندما يسكنان، يكون مركز الثقل تحت نقطة التعليق مباشرة في نقطة ما على خيط الشاقول. كرر العملية بتعليق الجسم وخيط الشاقول من نقطة أخرى، فيكون مركز الثقل حيث يتقاطع الخيطان.



مركز الثقل

٢. غلق الجسم وخطب الشاقول من نقطة أخرى على الجسم؛ وارسم أيضاً خطاً في موقع خيط الشاقول، فيكون مركز الثقل في نقطة تقاطع الخطين.

## جاذبية القمر

جاذبية القمر أقل من جاذبية الأرض لأنه أصغر بكثير وكتلته أقل من كتلة الأرض. تسارع الأجسام الساقطة نزولاً على القمر بمقدار سدس تسارعها على الأرض؛ ويستطيع الشخص أن يقفز على القمر سبت مرات أعلى مما يقفز على الأرض.



القمر على الأرض



## المد والجزر (المد)

المد والجزر تسببهما الجاذبية. فتجذب مياه المحيط في جانب الأرض الأقرب إلى القمر بجاذبية القمر مكونة المد. أما المد الحاصل، في الوقت نفسه، على جانب الأرض الأبعد فسيبه أن الأرض تنجذب نحو القمر أكثر من مياه المحيط في ذلك الجانب. ويلاحظ أن تأثير الشمس في المد والجزر طفيف. وعندما يتسامت القمر مع الشمس في الجانب نفسه من الأرض تتجدد جاذبيتهما معاً فيحدث مد تام.

المقذوف المرتد (الرجون) يتدوّم حول مركز ثقله.



## المقذوف المرتد (الرجون)

يقع مركز الثقل في بعض الأجسام، كالمقذوف الرجوني خارج الجسم. ويسبب شكله، لا يمكن موازنة الرجون بتركيزه على أي نقطة مفردة في جانبه المسطح. لكن، على حرفه، يمكن موازنه إذا ركّز في نقطة منفرجه.

## لمزيد من المعلومات انظر

- قياس القوى ص ١٢٣
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الحركة الدائرية ص ١٢٥
- الأمواج والمد والجزر ص ٢٣٥
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الصواريخ ص ٢٩٩



# قياس القوى



قاس كافندش  
مقدار تحريك  
العائق ليحسب  
الجاذبية بين  
الكرتين.

## قياس الجاذبية

استخدم العالم الإنكليزي هنري كافندش (١٧٣١-١٨١٠) الجهاز المبين أعلاه ليحسب كتلة الأرض. فقد علق كرتين من الرصاص من طرفي عائق يدور أفقياً، ثم عرضهما لجاذبية كرتين كبيرتين من الرصاص على مقربة منهما. وبتحريك الكرتين الصغيرتين انجذبتا دار العائق بمقدار معين مكن كافندش من قياس الجاذبية بين الكرتين، ومن ثم كتلة الأرض.

## مقارنة القوى

بتقلب رُفَع كرة القدم قوة تبلغ حوالي ٤ نيوتن، أما قوة ركلها فتبلغ حوالي ١٠ نيوتن. وللمقارنة، شدة وخفة، فإن قوة المحرك النفاث في طائرة تبلغ ١٠٠,٠٠٠ نيوتن. بينما تستخدم الحشرة الصغيرة في قفزها قوة تقارب ٠,٠٠١ نيوتن.



## ميزان نيوتني التدرج

يمكن إعطاء فكرة عن النيوتن كوحدة قياس بأنه القوة اللازمة لرفع تفاحة صغيرة. فالقوى التي لا تزيد على ١٠٠ نيوتن، يمكن قياسها باستخدام ميزان نيوتني التدرج. فامتطاط النابض بداخله يجزئ المؤشر نزولاً مقابل مقياس مدرج يبين مقدار القوة الماطلة - وهو هنا وزن التفاحة.



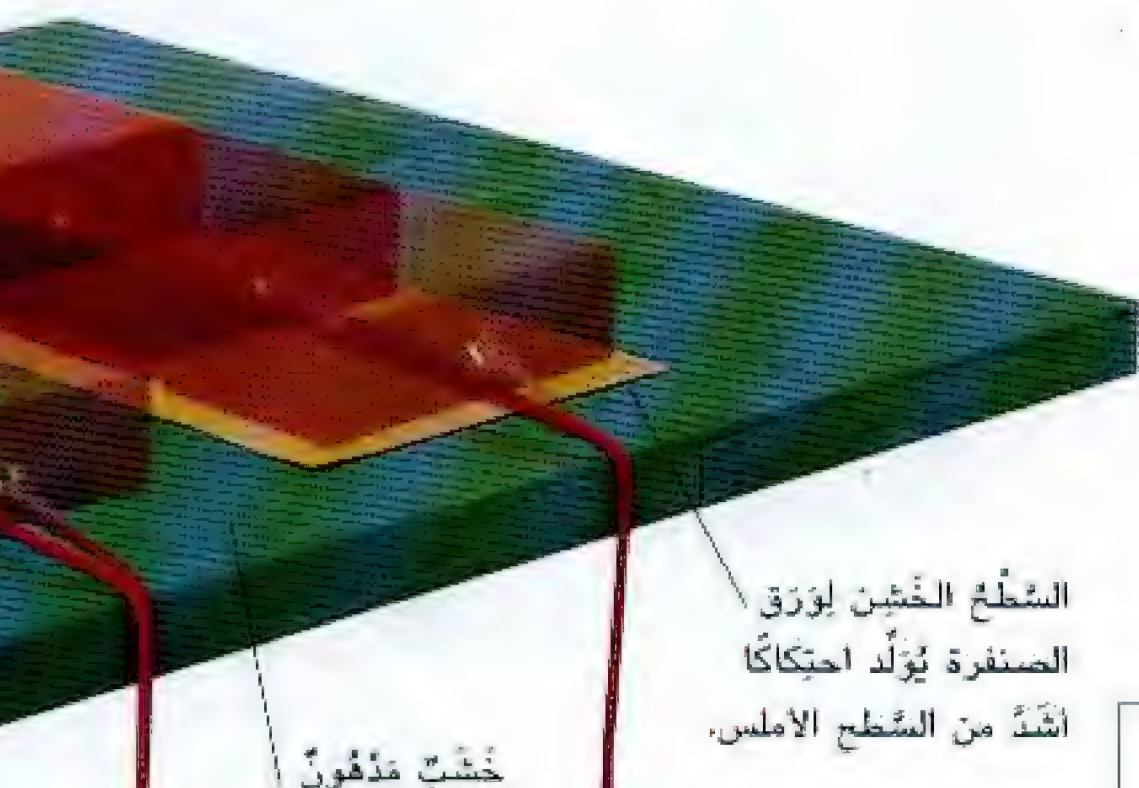
## روبرت هوك

أشهر ما يُذكر به العالم الإنكليزي روبرت هوك (١٦٣٥-١٧٠٢) قانونه حول امتطاط الأجسام المرنة. لكنه كان أيضاً صانع آلات ماهرًا، فساعد في تحسين آلات علمية متعددة كالمجهر (الميكروسكوب) والوقراب (التلسكوب) ومقياس الضغط الجوي (البارومتر). وقد صمم منظومة تلغرافية، وساعة تعمل بنابض مُتذبذب بدل البندول. وفي العام ١٦٦٥، نشر كتاباً يحوي رسومًا للحشرات التي عاينها تحت الميكروسكوب.



## قياس الاحتكاك

يمكنك اختيار وقياس المقاومة الناتجة عن الاحتكاك في بيتك. ثقل كتلة خشبية بكتل حديدية واربط المجموعة بخيط واجعله يتدلى فوق حافة طاولة. جد مقدار الوزن اللازم لتحريك المجموعة فوق سطوح مختلفة. يعتمد الاحتكاك على نوعية السطوح المتحاذية وعلى وزن الكتلة المنزلة. أما مساحات السطوح المتماسكة فلا تزيد ولا تنقص مقدار الاحتكاك.



السطح الخشن يوزق  
الصنفرة يولد احتكاكاً  
أشد من السطح الأملس.

خشب مدقوق

يتطلب جر الكتلة  
فوق ورق الصنفرة  
وزناً أكبر

## لزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- الاهتزازات ص ١٢٦



# قوى الدوران والتدوير

عندما تُدير مقود الدراجة، فإنك تشد جانباً منه وتدفع الجانب الآخر. وهذا مثال على القوى المزدوجة أو قوى الأزواج في الدوران والتدوير. أما النقطة التي يدور حولها الجسم فتُدعى المَرْتَكَز أو محور الارتكاز. ويمكن لقوة مُفردة أن تدِير الجسم إذا سُلِّطت على بُعد مُعيّن من مُرتكز ثابت. فأنت عندما تفتح صَفْح الباب تُسَلِّط قُوّة مُفردة على قَبْضته تجعله يَفْتَحُ دائراً حَوْل المَفْصَلَة التي هي محور ارتكازه. ويعتمد تأثير قوة التدوير على مقدارها وعلى بُعد نقطة تأثيرها عن محور الارتكاز - فكلما ازداد هذا البعد ازداد تأثير قوة التدوير.



## القوة القصوى

في بعض البلدان، تُستخدم الماشية لتدوير السواني (النواير). فيشد الواحد أو الزوج منها إلى طرف عمود متصل بالسّانية - ويدوران المواشي تدِير دولاّب الناعورة. وتكون إدارة السّانية أيسر إذا جُعِلَ عمود التدوير بالطول الممكن الأقصى.

الوزن الضاغط إلى أسفل عِزّ دولاّب الدراجة الخلفي أكبر منه عِزّ الدولاّب الأمامي. فلكي يتوازن اللوح، يجب أن يكون الدولاّب الخلفي أقرب إلى الجذع من الدولاّب الأمامي.



## موازنة القوى

عندما يكون الجسم مُتوازناً أو في حالة توازن، تكون قوة التدوير على أحد جانبي المَرْتَكَز مُعَادِلَة لقوة التدوير على الجانب الآخر. ويستخدم الدراج هذه القاعدة، في تدرب التوازن، مُحاولاً وَفَق تَرْجُح اللّوح على جَذَع الشجرة.

القنينة الطويلة المملّاة تقريباً بالماء، تكون غير مستقرّة لأن مركز ثقلها عالٍ. وهكذا فلن يبقى هذا المركز فوق قاعدة القنينة عند إمالتها - ممّا يُنتِج قُوّة تدوير تَقْلِبُها.



## استقرار التوازن

يكون الجسم في حالة توازنٍ مستقر إذا بقي مَرَكُز ثِقَله فوق قاعدته عندما يُدْفَع قليلاً؛ لأنّ الجاذبيّة تُعيد الجسم إلى وَضْعِهِ الأصلي. أمّا إذا وَقَعَ الجسم أو انقلب بعد دَفْعِهِ قليلاً، فهو كان في حالة توازن غير مستقر، لأنّ مَرَكُز ثِقَله ما عاد فوق قاعدته، فيوقعه شدّ الجاذبيّة. أمّا إذا بقي الجسم في وَضْعِهِ الجديد بعد دَفْعِهِ قليلاً فهو في توازنٍ مُتَعَادِل.

## محور الارتكاز



## الموازين

استخدم الرومان قوى التدوير لوزن الأشياء بموازين قَبَانِيَة، ما زالت تُستخدم حتى اليوم. ولعلّك وُزِنْتَ مرّةً بمِيزَانٍ قَبَانِيٍّ مُظَلَوَّرٍ في عيادة طبيبك. فعندما تَقِفُ على القَبَانِ ويَحْرُكُ ثِقْلُ المَوَازِنَة على طُول الذراع المُدَوِّج إلى حيث يتوازن الذراع، تشير قراءة التدرج إلى وزنك.



## اختيار المركبات

تُجْعَلُ المركبات المرتفعة أكثر أماناً إذا وُسِّعَ المدى بين دواليبها وخُفِّضَ مَوْقِعُ مُحَرِّكاتها. فبذلك يبقى مركز ثقل المركبة خفيضاً. هنا يجري اختبار مدى إمكانيّة مِيلان الباص (الحافلة) قبل أن يَنْقَلِبَ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الجاذبيّة ص ١٢٢
- قياس القوى ص ١٢٣
- المكينات ص ١٣٠



# الحركة الدائرية



## الجيروسكوب المدوم

الأجسام المدومة لها عظامتها أو قسورها الذاتية كما للأجسام السائرة في خط مستقيم؛ وهي تقاوم تغيير اتجاه مسارها. ويضم الجيروسكوب دولاباً مدوماً يقاوم الجاذبية، إذا كان يدوم بالسرعة الكافية، فيغدو من العسير جداً قلب الجيروسكوب. وتستخدم الجيروسكوبات المدارة كهربائياً في الأنظمة الملاحية على الطائرات والسفن.



الماء مستقر عندما الحوض ساكن.

العجلات (الدواليب) والحداريق، والدوام والمراوح، ودورات الملاهي كلها تدور في دوائر؛ وواقع الحال أنها تغير اتجاه مسارها بشكل مستمر. فكل جزء من الجسم المدوم يحاول السير في خط مستقيم، لكن قوة، تدعى القوة الجابذة، تشده وسواه من أجزاء الجسم المدوم نحو مركز الدائرة - مغيرة اتجاه مساره ليبقى دائرياً وليس في خط مستقيم. ولو حاول حيوان منطلق بسرعة تغيير اتجاهه بلفة سريعة، فإن أقدامه تضغط الأرض بقوة فتزد الأرض بقوة رد الفعل ما يوفر له قوة جابذة. أما إذا كان الحيوان منطلقاً بسرعة على سطح زلق كالجليد مثلاً، ولم يستطع شتت الأرض، فلن تتوافر له قوة جذب، وسيكون من العسير جداً عليه الالتفاف لتغيير وجهة سيره.



## القوة النابذة

تدور السيارة الدمية في مدارها داخل حلقة مقلقة ولا تسقط حتى وهي مقلوبة رأساً على عقب. فكان هنالك قوة، تدعى أحياناً القوة النابذة، تدفعها إلى أعلى. هذه القوة هي في الحقيقة عظامتها تحاول جعل مسار السيارة يستقر في خط مستقيم.

يرتفع الماء على الجدران عند تدويم الحوض بسرعة.

## المياه المسلقة

إذا دوّم حوض فيه ماء بسرعة، فإن الماء يحاول الانطلاق خارج الحوض في خط مستقيم؛ والقوة التي تضده توفرها جدران الحوض. وكلما ازدادت سرعة تدويم الحوض يزداد تحرك الماء للانطلاق نحو الخارج.

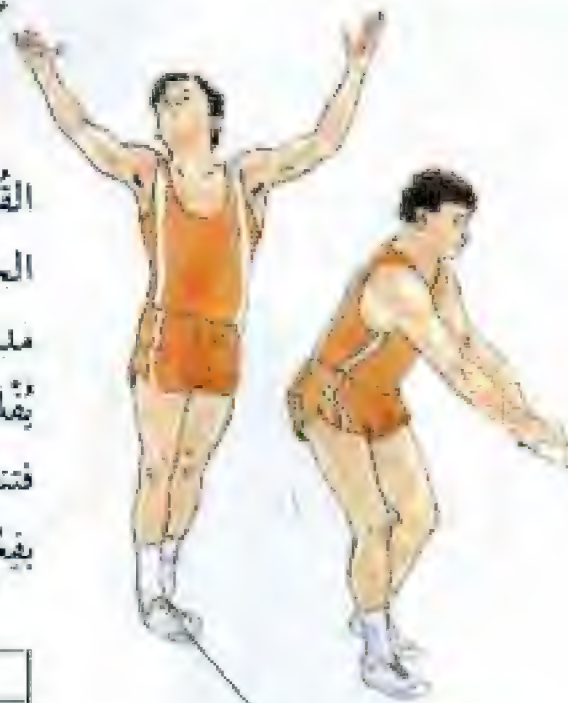
وتستخدم المجففة الدوامة هذه الظاهرة لإزالة الماء من الملابس المغسولة؛ إذ يتدفع الماء باتجاه جدران الأسطوانة المثقبة مندفعاً عبر ثقوبها في خط مستقيم.



قاعدة دوائر تدويم الحوض.

## رمي المطرقة

يدوم الرامي المطرقة حوله بالسرعة القصوى الممكنة قبل أن يطلقها. إن القوة الجابذة اللازمة لإبقاء المطرقة مدومة في مدارها هي قوة الشد على السلك. وعندما يفلت الرامي المطرقة تزول القوة الجابذة، فتنتقل المطرقة مستمرة في خط مستقيم بفعل عظامتها.



كلما ازدادت سرعة تدويم الرامي، يزداد ثقل مدى المطرقة عندما يفلتها.

## انعدام الوزن في المدار

يبقى مكوك الفضاء في مدار معين حول الأرض لأن الجاذبية الأرضية توفر قوة جابذة تجعله يستمر في مداره بدل أن يفلت منطلقاً في الفضاء. ويتأثر الرواد داخل المكوك بالجاذبية بالمدى نفسه، فيشعرون بانعدام الوزن لأنهم في حال سقوط مستمر لكن انطلاقهم إلى الأمام بتلك السرعة الفائقة يحملهم «فوق الأفق» في مسار دائري ثابت البعد عن الأرض.



## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- الصواريخ ص ٢٩٩



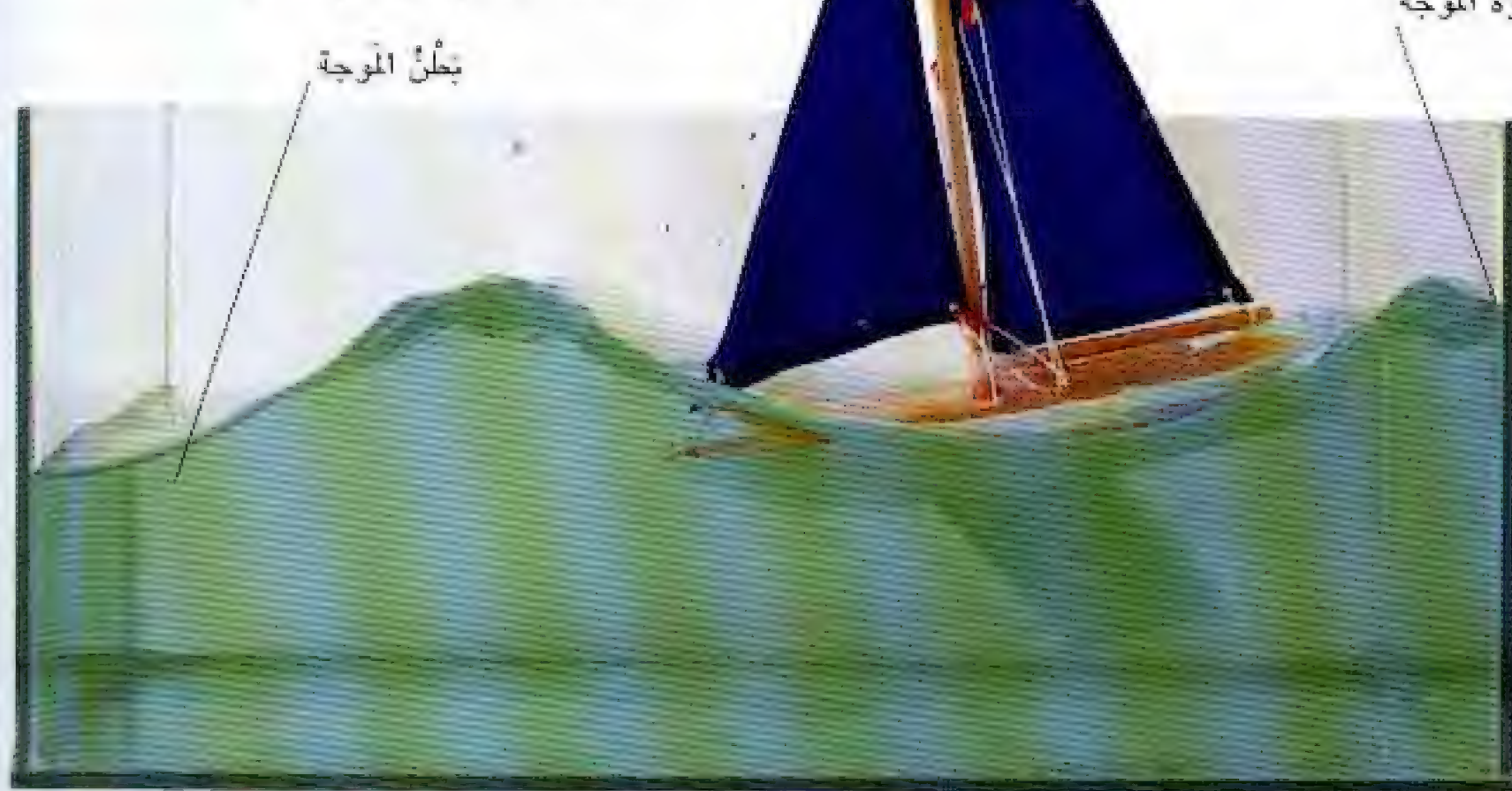
# الاهتزازات

إذا عَلَقْتَ كُتْلَةً بِخَيْطٍ وَدَفَعْتَهَا إِلَى جَانِبٍ فَإِنَّهَا تَتَرَجَّحُ جَيَّةً وَذَهَابًا بِانْتِظَامٍ؛ وَيُدْعَى هَذَا الِارْتِجَاحُ الْاهْتِزَازُ أَوِ الذَّبْدَةُ. أَمَّا عَدَدُ المَرَّاتِ الَّتِي يَتَذَبذبُ فِيهَا أَيُّ جِسْمٍ فِي ثَانِيَةٍ وَاحِدَةٍ فَيُدْعَى التَّرْدُّدُ. كُلُّ شَيْءٍ لَهُ تَرْدُّدُهُ الطَّبِيعِيُّ؛ فَإِذَا أَرغَمَ جِسْمٌ عَلَى الْاهْتِزَازِ بِتَرْدُّدٍ مُعَادِلٍ لِتَرْدُّدِهِ الطَّبِيعِيِّ، فَقَدْ تَتَعَاطَمُ اهْتِزَازَاتُهُ إِلَى دَرَجَةِ الْخَطَرِ. فِي الْعَامِ ١٩٤٠، انْهَارَ جِسْرُ مَضِيقِ تَاكُومَا فِي وَلايَةِ وَاشِنْطُن، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ، لِأَنَّ الْعَوَاصِفَ جَعَلَتْهُ يَهْتَزُّ بِعُنْفٍ تَسَاوَقَ مَعَ تَرْدُّدِهِ الطَّبِيعِيِّ. لَكِنْ لِلْاهْتِزَازَاتِ أَيْضًا اسْتِخْدَامَاتُهَا الْمُفِيدَةُ، فَالْمِثَاقِبُ النَفْحِيَّةُ، الْعَامِلَةُ بِالْهَوَاءِ الْمَضْغُوطِ، تَسْتَخْدِمُ الْاهْتِزَازَاتِ فِي تَفْتِيتِ الْمَوَادِّ. وَالسَّاعَاتُ تَقِيسُ الزَّمْنَ بِعَدِّ الذَّبْدَاتِ الْمُنْتَظِمَةِ فِي آلِيَّتِهَا.

السُّعْطَةُ هِيَ قُدْرَةُ  
الْاهْتِزَازِ أَوْ  
مُتَّسِعُ ذُرُوتِهِ،  
وَالْفَتْرَةُ هِيَ  
الْوَقْتُ اللَّازِمُ  
لِاهْتِزَازَةٍ أَوْ  
ذَبْدَةٍ وَاحِدَةٍ.

## اهتزازات الزلازل

الاهتزازاتُ الَّتِي تُحْدِثُهَا الزَّلَازِلُ خَطَرَةٌ وَخَدَامَةٌ. الصُّورَةُ الْفُوتُوغَرَفِيَّةُ الْمُصْغَرَّةُ الْإِخْرَاجُ أَعْلَاهُ تُشَكِّلُ زَلْزَالًا رَمَزِيًّا فِي مَدِينَةِ سَانِ فَرَنْسِيْسْكَو، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ. وَتَقَعُ هَذِهِ الْمَدِينَةُ عَلَى مَقَرَّةٍ مِنْ صَدْعِ سَانِ أَنْدَرِيَّاسِ الضَّخْمِ - أَحَدِ الْخُطُوطِ الصَّدْعِيَّةِ الْعَظِيمَةِ فِي الْعَالَمِ حَيْثُ يُحْتَمَلُ حَدُوثُ الزَّلَازِلِ مِنْ وَقْتٍ لآخر.



## الرَّقَاصُ (الْبُتْدُولُ)

خَطَرَانُ الرَّقَاصِ (أَوْ نَوَسَانُهُ) ضَرْبٌ مِنَ الْاهْتِزَازِ. وَيَعْتَمِدُ زَمْنُ الْخَطَرَانِ (جَيَّةً وَذَهَابًا) عَلَى طُولِ الرَّقَاصِ فَقَطْ، وَلَا عِلَاقَةٌ لِوِزْنِ ثِقَلِهِ أَوْ سَعَةِ خَطَرَانِهِ بِذَلِكَ - شَرْطُ أَنْ تَكُونَ الْخَطَرَاتُ، أَوْ زَاوِيَةُ الْخَطَرَانِ، صَغِيرَةً. وَقَدْ ارْتَأَى الْعَالِمُ الْإِيطَالِيُّ، غَالِيلِيو، إِمْكَانِيَّةَ ضَبْطِ السَّاعَاتِ بِوَسْطَةِ الرَّقَاصِ. فِي السَّاعَاتِ الْبَنْدُولِيَّةِ، يُدِيرُ خَطَرَانُ الرَّقَاصِ دَوَلَابًا مُسْتَنَّا بِسُرْعَةٍ مُنْتَظِمَةٍ، وَهَذَا بِدَوْرِهِ يُدِيرُ عَقْرِيَّ السَّاعَةِ.



## الأمواج

الاهتزازاتُ تُسَبِّبُ تَمَوُّجَاتٍ - بَعْضُهَا ظَاهِرٌ، كَأَمَوَاجِ الْبَحْرِ، وَبَعْضُهَا الْآخَرُ تَتَعَدَّرُ رُؤْيَاهُ كَأَمَوَاجِ الصَّوْتِ النَّاتِجَةِ عَنْ اهْتِزَازٍ أَوْ ذَبْدَةٍ شَيْءٍ. وَالْأَمَوَاجُ قَدْ تَكُونُ مُسْتَعْرِضَةً أَوْ طَوِيلَةً.

## أمواج الماء

يَتِمُّ الْبَرْكََةُ أَوْ مَوْجُ الْبَحْرِ أَمَوَاجُ مُسْتَعْرِضَةٌ. فَمَعَ عُيُوزِ الْمَوْجَةِ نَهْتَزُّ جُسَيْمَاتُ الْمَاءِ عَمُودِيًّا صُعُودًا وَهَبُوطًا بِالنِّسْبَةِ لِاتِّجَاجِ الْمَوْجَةِ.

## الكهرباءُ الإِجْهَادِيَّةُ

الْمَرُّو (الْكُوَارْتِزُ) ذُو خَاصَّةٍ مُمَيَّزَةٍ - هِيَ أَنَّ شِبْحَتَهُ كَهْرَبَائِيَّةً نَغِيرٌ حَجْمَهُ. وَيَفْضِلُ ظَاهِرَةُ الْكَهْرُ الْإِجْهَادِيَّةِ هَذِهِ يُمْكِنُ لِنَتَارِ كَهْرَبَائِيٍّ مُنَاسِبٍ جَعْلُ بِلُورَةٍ مِنَ الْكُوَارْتِزِ تَتَذَبذبُ بِتَرْدُّدٍ مُحَدَّدٍ. فَالْتِّيَّارُ السَّارِي مِنَ الْبَطَارِيَّةِ فِي سَاعَةِ الْكُوَارْتِزِ يَجْعَلُ شَرِيحَةً صُغْرِيَّةً مِنْ بِلُورَةِ كُوَارْتِزِيَّةٍ تَتَذَبذبُ ٣٢,٧٦٨ مَرَّةً فِي الثَّانِيَةِ. وَتُحِيلُ جَذَاذَةً صُغْرِيَّةً هَذِهِ الذَّبْدَةَ إِلَى إِشَارَةٍ وَاحِدَةٍ فِي الثَّانِيَةِ. وَهَذِهِ تُضْبِطُ الْمَحْرَكُ الَّذِي يُدِيرُ الْعَقَارِبَ أَوْ يُخَرِّضُ الْعَرَضَ الرَّقْمِيَّ.



## أمواج الصوت

عِنْدَمَا نَهْتَزُّ آلَةً مُوسِيقِيَّةً كَالصَّنْجِ، مِثْلًا، تُحْدِثُ أَمَوَاجًا صَوْتِيَّةً فِي الْهَوَاءِ. جُسَيْمَاتُ الْهَوَاءِ فِي الْمَوْجَةِ الصَّوْتِيَّةِ نَهْتَزُّ جَيَّةً وَذَهَابًا فِي اتِّجَاجِ مَسَارِ الْمَوْجَةِ - وَهِيَ أَمَوَاجُ طَوِيلَةٍ.

## لِزِيدِ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

- البِلُورَاتُ ص ٣٠
- الصَّوْتُ ص ١٧٨
- قِيَاسُ الصَّوْتِ ص ١٨٠
- الْهَزَّاتُ الْأَرْضِيَّةُ ص ٢٢٠
- الْأَمَوَاجُ، وَالْمَدْرُ، وَالتِّيَّارَاتُ ص ٢٣٥



# الضغط

على ارتفاع ٢٠,٠٠٠ متر

صَغَطُ الهواء على غُلُو ٢٠,٠٠٠ م  
أَقَلُّ من عُشْرِ ضغطه على مُستوى  
سطح البحر.

تَطِيرُ الطائراتُ على غُلُو شاهق  
حيثُ صَغَطُ الهواء أَقَلُّ من  
الضغط داخلَ الجِسم - ممَّا  
يَسْتَحِيلُ معه اسْتِنشاقُ الهواء؛ لذا  
يُكَيَّفُ الضغطُ داخلَ الطائراتِ.

الهواءُ فوقَ قِمَمِ الجبالِ العاليةِ  
رقيقٌ القوام، لذا يَتَوَجَّبُ على  
المتسلِّقين الاستعانةُ بأجهزة  
تنفُّسٍ لِتأمينِ مزيدٍ من الأكسجين.  
صَغَطُ الهواءِ على ارتفاع ٥,٠٠٠  
متر يعادلُ نصفَ ضغطه تقريبًا  
على مُستوى سطح البحر.

على مُستوى سطح البحر،  
صَغَطُ الهواءِ يُساوي كيلوغرام  
على السنتيمتر المربع - تقريبًا  
وزن بقرة فوق طبقٍ عاديٍّ.

لا يستطيعُ البَشَرُ الغُسلُ  
أعمقَ من ١٢٠ م لأنَّ  
ضغطَ الماءِ يَسْحَقُهُم.

الغواصاتُ تَغوصُ عميقًا  
تحت الماء، فهياكلُها المتينةُ  
تَحْتَمِلُ ضَغَطًا هائلًا.

على عُقْمِ ١٠,٠٠٠ م تحت  
سطح البحر، ضغطُ الماءِ  
يُعادلُ تقريبًا وزنَ سبعةِ  
فيلةٍ فوقَ طبقٍ صغيرٍ!



عُمق ١٠,٠٠٠ م

## تحت الضَّغط

الموائعُ، من سوائلٍ وغازاتٍ، تَبْدُلُ ضَغَطًا على الأجسام؛ فالهواءُ يَضْطَعُ علينا؛  
ولولا الموائعُ المتواجدةُ في داخلنا، والتي تضغَطُ بمقدارٍ مُساوٍ لِضَغَطِ الهواءِ  
الخارجيِّ، لَكَانَ الضَّغَطُ الجَوِّيُّ على مُستوى سطح الأرض يَسْحَقُنَا. ويتناقضُ  
ضغطُ الهواءِ كُلِّما ارتفعتنا لأنَّ الهواءَ الضَّاغِطَ حينئذٍ يتناقصُ أيضًا.

## صَغَطُ السَّوائل

يؤثِّرُ ضغطُ السَّوائلِ في جميعِ الاتجاهاتِ؛  
فالماءُ يَتَسَحَّسُ عِبرَ الثقوبِ في جَانِبِ هذا الوعاءِ  
بِفعلِ الضغطِ الأفقيِّ.

غَدَى تَدْفُقُ الماءُ مِنَ الثَّقَبِ  
الأسفلِ هو الأكثرُ بُعْدًا  
لأنَّ ضغطَ الماءِ يَتَزَايِدُ  
بازديادِ العُمقِ.



## لمزيد من المعلومات انظر

- سُلوكُ الغازات ص ٥١
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الجَوُّ ص ٢٤٨
- ضَغَطُ الهواءِ ص ٢٥٠

لماذا خُفَّ الجَمَلُ عَرِيضُ مُسَطَّحٍ؟ ولماذا رَأَسُ الدَّبُوسِ  
مُرَوِّسٌ حادٌّ؟ السَّبَبُ هو أَنَّ نَشْرَ القوَّةِ على مِسَاحَةٍ كبيرة يُقَلِّلُ  
ضَغَطَهَا؛ كذلك فَإِنَّ تَرَكِيزَ القوَّةِ على مِسَاحَةٍ صغيرة يَزِيدُ  
ضَغَطَهَا كثيرًا. فَالجَمَلُ لا يَغوصُ في الرَّمْلَ لأنَّ وزنه يَتوزَّعُ  
على مِسَاحَةٍ كبيرة؛ لَكِنَّكَ حينَ تَكْبِسُ الدَّبُوسَ في لَوْحَةٍ  
الإعلاناتِ، فَإِنَّ طَرَفَهُ الحادَّ يَنغَرِزُ في اللوحةِ بِسُهولةٍ، لأنَّ  
قوَّةَ إِبْهَامِكَ تَرَكَّزَتْ في مِسَاحَةٍ ضئيلة. يُقاسُ الضَّغَطُ بمقدارِ  
القوَّةِ على وَحْدَةِ المِسَاحَةِ.



## نَشْرُ الجَمَلِ

يَسْتَطِيعُ طائرُ

الجاكانا، في أمريكا

الجنوبيَّة، المشيَ فوقَ أوراقِ

النبيلوفر (زَبَقِ الماءِ) القَلافيَّةِ دونَ أَنْ يَغوصَ لأنَّ أَصابعَه  
(أصابعَ قَدَمَيْه) وَمَخَالِيه تَنشُرُ وزنه فوقَ مِسَاحَةٍ كبيرة.

## السَّوْخُ والانْفِرازُ

لا تُسَوِّخُ مِرْشَةُ المِياهِ في  
الثَّرْبَةِ لأنَّ وزنها مَتَشَرٌّ على  
قاعدةٍ واسعةٍ. لكنَّ من السَّهْلِ  
انْفِرازُ الرِّقَشِ في الثَّرَابِ لأنَّ  
وزنه وقوَّةَ الدَّفْعِ مُنْضَبَّانِ  
على حُدَّةِ الرِّقِيقِ. والسَّكِينُ  
الحادُّ يَفْطَعُ بِسُهولةٍ لِلسَّبَبِ  
نَفْيه - إِذْ القوَّةُ عليه  
مَرَكَّزَةٌ في مِسَاحَةٍ ضئيلةٍ  
على طولِ حُدَّةِ.



## إِيْقَانْجَلِيسْتَا

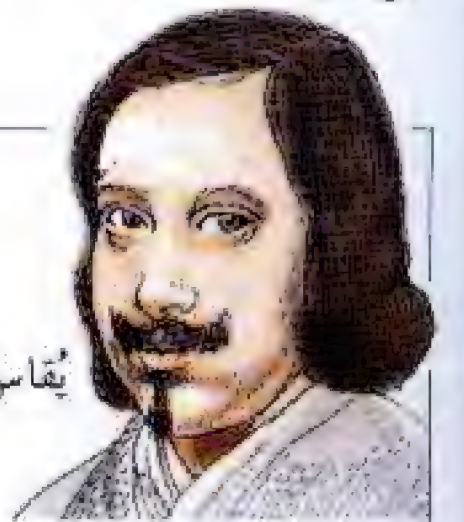
### توريشللي

يُقاسُ ضَغَطُ الهواءِ بالبارومتر. وكانَ  
الإيطاليُّ إِيْقَانْجَلِيسْتَا توريشللي

(١٦٠٨-١٦٤٧) قد اِخْتَرَعَ

البارومتر الزُّئْبُقِيَّ عامَ ١٦٤٣،

حينَ اكْتَشَفَ أَنَّ غُلُوَّ الزُّئْبُقِ في أنبُوبٍ مَقْلُوبٍ رَأْسًا على عَقِبِ  
في طَاسٍ مِنَ الزُّئْبُقِ، يَتَغَيَّرُ بِتَغْيَرِ ضَغَطِ الهواءِ. وقد تَتَلَمَّذَ  
توريشللي على غاليليو ثُمَّ خَلَفَهُ كَرِياضِيُّ البلاطِ لَدَى أرشيدوق  
تسكاني. وقد سُمِّيَتْ وَحْدَةُ الضَّغَطِ «تور» بِاسْمِهِ، وَتُساوِي  
ضَغَطَ مِيلِمْترٍ واحدٍ مِنَ الزُّئْبُقِ.





# القوى في الموائع

تسري الموائع (سوائل كانت أم غازات) عندما تؤثر قوة فيها؛ وهي لا شكل مُحددًا لها، فتتخذ شكل الوعاء الذي يحتويها. وإذا ضغطت الموائع بقوة ما، تنتقل القوة الضاغطة إلى سائر أجزاء المائع.

وتُعرف هذه الظاهرة بقاعدة بَسْكال، وتُستخدم في تشغيل بعض المعدات الآلية. ففي مِكْبَح السيارة الهيدرولي مثلاً، تنتقل القوة المُسلطة على دَوَاسَةِ المِكْبَح إلى الدواليب بواسطة سائل المِكْبَح. ومن خواص الموائع المفيدة عملياً أن المائع الساري بسرعة أقل ضغطاً من المنساب ببطء. وتُعرف هذه الظاهرة التي تمكن الطائرات من التحليق عالياً في الجوّ بقاعدة برنولي (برنويه).



جناح الطائرة  
مُشكّل على  
هيئة سطح  
أنسياب رافع.



الضغط الأزيء تحت  
الجناح يُدفعه إلى أعلى.

## جناح الطائرة

يوفرُ الطائرة معظم قوة الرفع أثناء الطيران بقوة رد الفعل من زفرفة جناحيه اللذين يذفعا الهواء إلى أسفل. لكن عندما يكونُ الطائرة سابحاً في الجوّ انسياباً فقط، فإن بسطة الجناحين، بفضل شكلهما، تَكسبه قوة رفع.

## سطح الانسياب الرافع

سطح جناح الطائرة مُقوّس من أعلى ومُسطح تقريباً من الجانب السفلي مُشكلاً سطح انسياب رافعاً - يرتفع عندما يسري الهواء حوَالِه. ذلك لأن الهواء ينساب فوق سطح الجناح الأعلى بسرعة أكثر من سرعته تحت السطح السفلي. ووفقاً لقاعدة برنولي، يكون الضغط تحت الجناح أكبر منه فوقه، مما يُنتج قوة رفع. وتزداد قوة الرفع بازدياد سرعة سريان الهواء. لذا ينبغي أن تحقق الطائرة سرعة فائقة على المدرج لتستطيع الإقلاع.



## بليز بَسْكال

بليز بَسْكال (١٦٢٣-١٦٦٢) عالمٌ ورياضيٌّ ولاهوتيٌّ فرنسيّ لامع. صنّع أوّل آلة حاسبة

ناجحة في سنّ الثانية والعشرين؛

وفي العام ١٦٤٦ صنّع بارومترًا زئبقيًا واستخدمه لاحقاً في قياس الضغط الجوّي. وأدّت دراسته خواصّ السوائل إلى اكتشاف القاعدة المسماة باسمه. وتنصّ قاعدة بَسْكال على أن الضغط المُسلط على جزء من المائع ينتقل بالتساوي إلى جميع أجزائه. وقد سُمّيت وحدة الضغط البَسْكال (با) باسمه، وتُعادل نيوتن على المتر المربع.

تُمط فقاعات الصابون بأشكال غريبة لأن الصابون يُقلّل التوتر السطحي للماء.

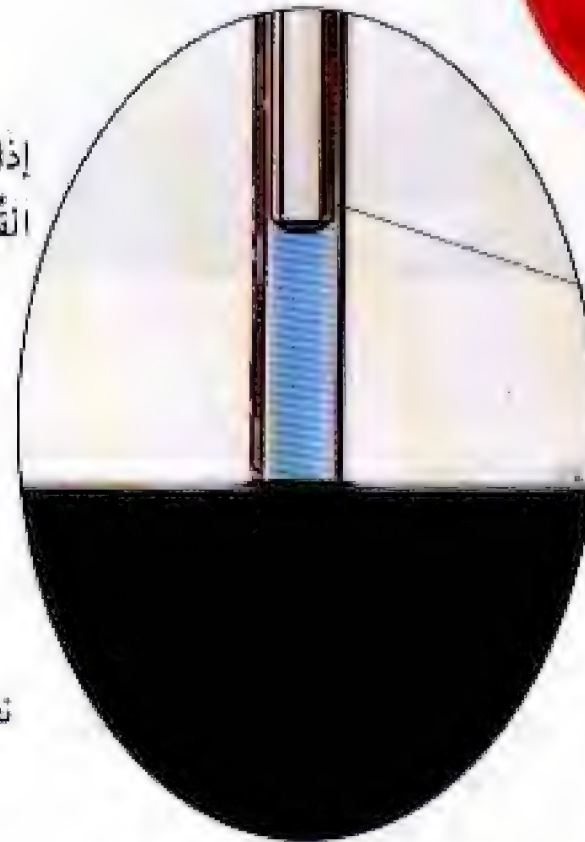


## التوتر السطحي

يبدو سطح السائل وكأنه مُغطى بغشاء مُوتر مُتماسك غير مرئي. وتُعرف هذه الظاهرة بالتوتر السطحي، وسببها القوى بين الجزيئات التي تعمل مُحصلتها على شدّ جزيئات السائل السطحية نحو الداخل. والفقاعة تتخذ شكلها الكروي المألوف بفعل التوتر السطحي.

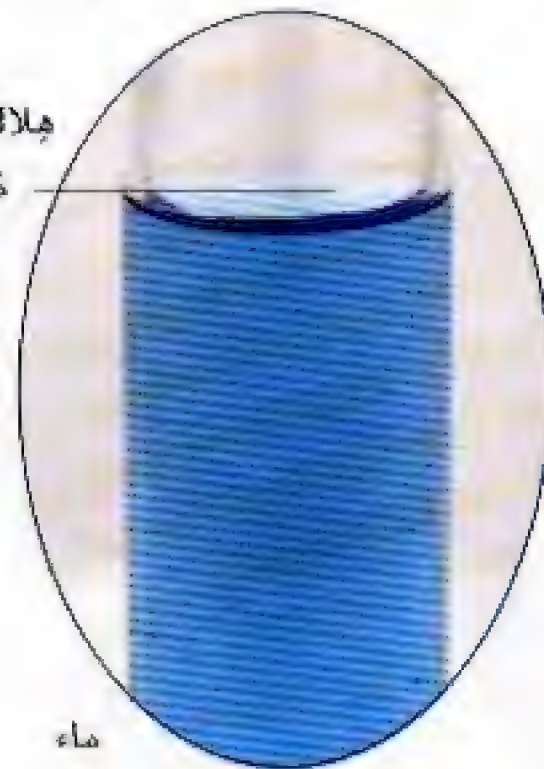
## الخاصة الشعرية

إذا غطست طرف أنبوب ضيّق القطر جداً في سائل، فقد يرتفع السائل في الأنبوب بفعل الخاصّة الشعرية. ويحدث هذا إذا كانت قوة التجاذب بين جزيئات السائل وجزيئات الأنبوب أقوى من التجاذب بين جزيئات السائل نفسها كما في الماء.



يرتفع الماء بشكل ملحوظ في الأنبوب الضيّق.

هلاله السطح مُحَدَّبة

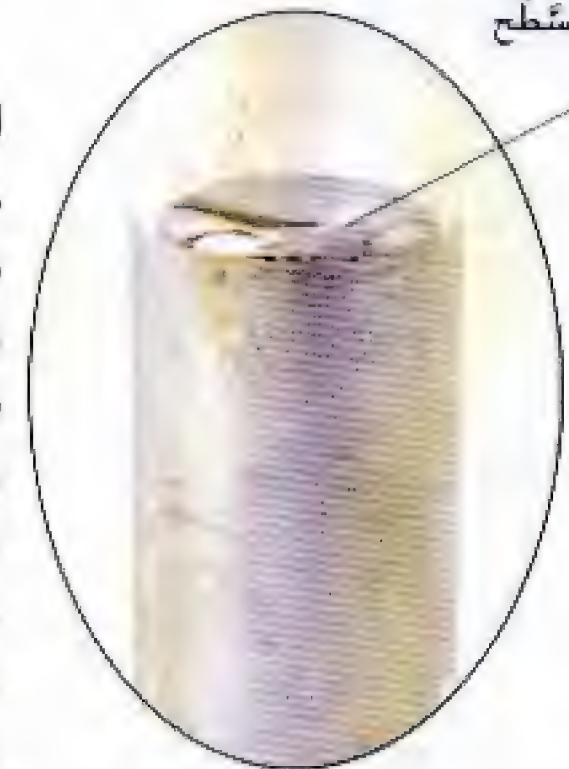


ماء

## التماسك والالتصاق

هلاله السطح، في أنبوب ضيّق القطر، مُحَدَّبة في الماء ومُقعّرة في الزئبق. ذلك لأنّ جسيمات الزئبق قوية التجاذب وقوية التماسك فيما بينها (وبالتالي فهي عالية التوتر السطحي) - علماً أنّ قوة التماسك هي القوة بين جسيمات النوع الواحد. أمّا جسيمات الماء فهي أكثر انجذاباً إلى جسيمات زجاج الأنبوب منها إلى بعضها. وتُدعى القوة بين مادتين مُختلفتين قوة الالتصاق؛ وهي التي تُسبب التصاق قطرات المطر بزجاج النوافذ.

هلاله السطح مُقَعَّرة



زئبق

## لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الصابون والمنظفات ص ٩٥
- المواد اللصوقة ص ١٠٦
- الضغط ص ١٢٧
- الحسابات ص ١٧٢
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨







# المكينات

## الآلات المُعقَّدة

الحصادة الدَّراسَةُ مَكِينَةٌ مُعَقَّدَةٌ، والواقع أنها مؤلَّفة من مجموعة كبيرة متآزرَّة من الآلات البسيطة المترابطة بوسائلٍ بارعَةٍ مبتكرة من الثروسِ المعشَّقة والروافع والشُّور المتحركة ومنظومات الأنايب الهيدروليَّة. والنتائج مَكِينَةٌ بالغة الأهمية، تحصدُ الزَّرع وتُذري الحَبَّ من القشِّ.



ليست جميعُ المكينات ضخمة وكثيرة الضَّجة؛ فالعديد منها آلاتٌ صغيرة تُستخدمُ لأداءِ أعمالٍ بسيطة. لكن مَهْمَا كَانَ حَجْمُ الآلة، فالمفروض أنها تجعلُ أداءَ العمل المُعيَّن أسهل. فبعضُها يُحيلُ الحركة القصيرة إلى حركة أطول، أو القوة الصغيرة إلى قوَّة أكبر؛ وبعضُها الآخر يستطيعُ تغيير اتِّجاهِ القوَّة أو مَوقِعها ويُسلِّطها حيثُ الحاجةُ تمسُّ إليها. لكنَّ الآلة لا تخلقُ طاقة، فكلُّما قلَّت قوَّة الجُهدِ ازدادت مَسَافَةُ تحريكها، ويعرفُ هذا بمبدأ الآلات. والمعروفُ أنَّ كِفَايَةَ أو فعالية المكينات لا يُمكنُ أن تبلغ ١٠٠ بالمئة، لأنَّ بعضَ الجُهدِ المبذول يتبدَّد في مُقاومة الاحتكاك بين أجزائها.

## تزييد الحركة

عندما يُستخدمُ فريق التجديف الثماني مجاذيقهم لتحريك القارب، فإنَّهم في الواقع يستخدمون آلات تُضاعف الحركة. فبتحريك الطرف الداخلي للمجذاف مَسَافَةً قصيرة، يتحرَّك الطرف الآخر مَسَافَةً أكبر، وهكذا يندفع القارب بسرعة عَبرَ الماء.



## قوَّة مُضخَّمة

يُروى عن العالم الإغريقي أرخميدس أنه قال «أعطني رافعة ذات طولٍ كافٍ، فأستطيعُ تحريك العالم». وهذا نظريًّا صحيح، لأنَّ الرافعة تُضخِّمُ القوَّة. فالمطرقة المخليَّة مثلًا، وهي نوعٌ من الروافع، يمكنُ استخدامها لِنزعِ مسامير من قطعة خشبيَّة بقوة ضئيلة.

إذا شدَّدت برفقٍ على يد المطرقة، فإنَّ المخلب في الطرف الآخر يشدُّ المسمار بقوة كبيرة.



## داخل البيانو

العزفُ الجيّد على البيانو يتطلَّب عزف النغمات الموسيقيَّة بسرعة، لينًا أو شدَّة. لذا فإنَّ أصابع أو مفاتيح البيانو تتَّصل بالأوتار بنظام مُعقَّد من الروافع يضخِّم الحركة عند تنقل أصابع العازف عليها. فحركة إصبعيَّة محدودة تضربُ المطرقة وترَ البيانو المُعيَّن بقوة، فيُصدِرُ النغمة المطلوبة.



## الطريق المُتممَّع

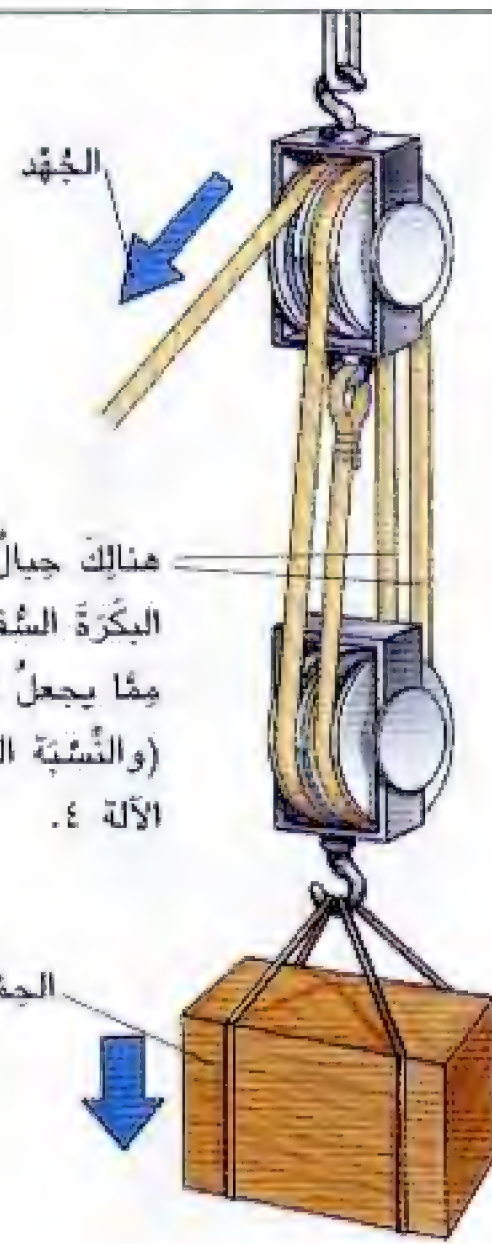
صعودُ الجبلِ على طريقٍ مُتممَّع أيسرُ من تسلُّقِ السَّطح في خطٍّ مُستقيم. فالطريقُ المُتممَّع، كالألة البسيطة، يُخفِّضُ الجُهدَ اللازمَ للصُّعود إلى القِمَّة، لكنَّهُ يُطيلُ المَسَافَةَ لِيُلوغها.





## الآلات البسيطة

السطح المائل والأسافين والمسامير الملولبة والروافع والملفات والبكرات والمستنات (أو التروس) جميعها تُدعى آلات بسيطة. وهي تُيسر الشغل لأنها تمكن قوة صغيرة، تُدعى الجهد، من التغلب على قوة أكبر، تُدعى الحمل. ويُقال في الآلات التي تزيد القوة أنها ذات فائدة آلية يمكن احتسابها بقسمة الحمل على الجهد. أما الآلات التي تزيد الحركة، ففائدتها تُدعى النسبة السرعة، ويمكن احتسابها بقسمة المسافة التي يقطعها الحمل على المسافة التي يقطعها الجهد.



هناك جبال أربعة تُشدُّ البكرة السفلى والحمل، مما يجعل الفائدة الآلية (والنسبة السرعة) لهذه الآلة ٤.



### الإسفين

تُصل البطة إسفين، وهو آلة تُضخم القوة. فعندما تضرب البطة الحطبة تتفكك قوة الضربة إلى التصل الذي يخترق قطعة الحطب قليلاً ويرغمها على الانفلاق. تتحرك قطعة الحطب عبر مسافة أقل من مسافة تحريك التصل ولكن بقوة أشد.

### البكرة

البكرة تفيد في رفع الأشياء عمودياً، وتتألف ببساطة من حبل ملفوف حول دولاب، يُوصل أحد طرفي الحبل ويُسلط الجهد على الطرف الآخر لرفع الحمل. وعند استخدام أكثر من دولاب واحد، كما في البكرة أعلاه، تُضخم القوة أو الجهد، فيمكن عندئذ رفع حمل كبير بجهد أقل.

## المستنات والملفات

تحتوي خفافة البيض نوعين من الآلات البسيطة - مستنات وملفات. المستنات المُعشقة أزواجاً، أحدها أكبر من الآخر، تضاعف القوة أو تضاعف السرعة وتغير اتجاه الحركة. الملفات يُضاعف القوة لأن مسار الدولاب أطول من مسار الجُزء - فيدور الجُزء بقوة أشد. يقبض (أو يد) الخفافة يُدير المستنات الكبرى بفائدة آلية كدولاب وجُزء، والمستنات الكبرى تُدير بدورها مستنات أصغر بسرعة أعظم.

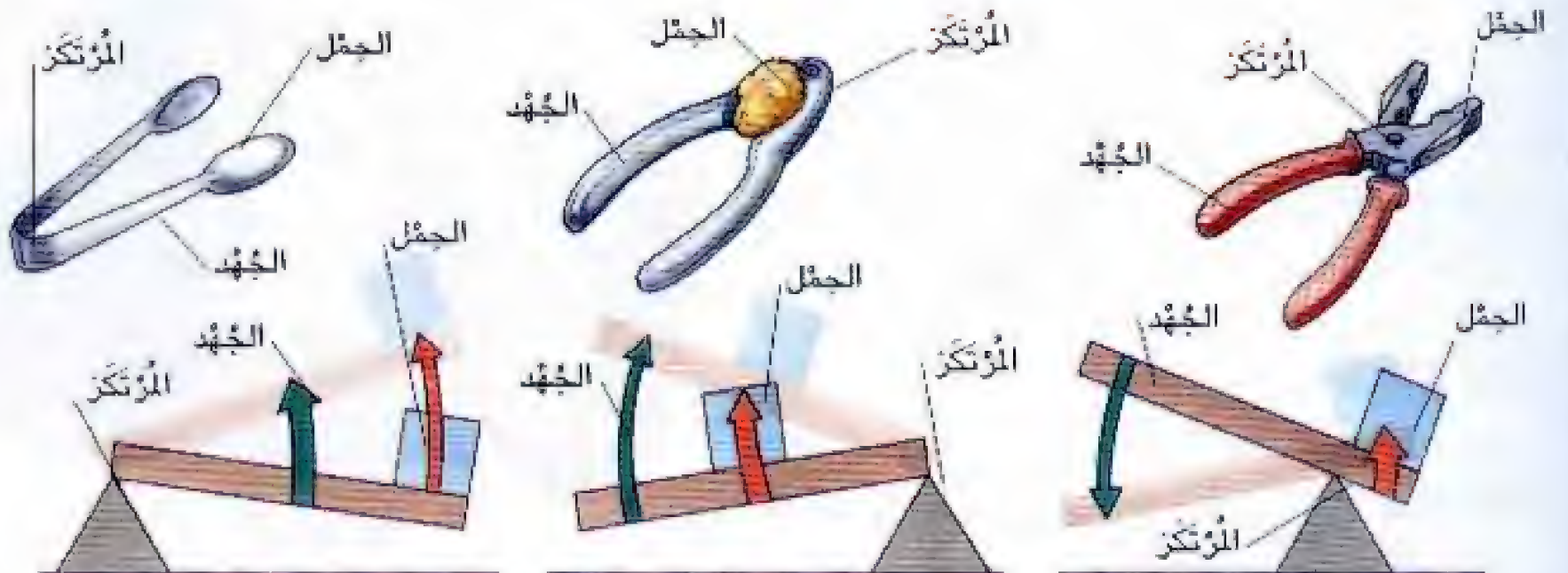
للخفافة جناحان دواران.

يدور محور الخفافة، بترسيتين الصغيرتين، مسافة أقل من المستنات الكبرى فيديران جناحي الخفافة بقوة أشد.



### الرافعة

الرافعة مُخل أو ذراع يدور حول نقطة تُدعى الموترز أو محور الارتكاز لتحريك الحمل. هناك ثلاثة أنواع من الروافع تبعاً لموقع الموترز بين الجهد والحمل، كما هو مبين في الشكل المرفق. الروافع من النوع الأول والثاني تُضخم القوة (مسافة الجهد فيها أكبر من مسافة الحمل)، وروافع النوع الثالث تُضخم المسافة. في الجسم البشري أمثلة على مختلف أنواع الروافع - فالذراع مثلاً، رافعة من النوع الثالث، مُرتكزها عند المرفق، وحملها هو اليد وما قد تحمله، وجهها هو ما تبدله عضلة الذراع من قوة شد.



الميلقط رافعة من النوع الثالث - تُضخم المسافة (الجهد بين الموترز والمقاومة)

كسارة الجوز رافعة من النوع الثاني - تُضخم القوة (الجهد بين الموترز والحمل)

الزبدية رافعة من النوع الأول - تُضخم القوة (الموترز بين الجهد والحمل)

يدار المقيض ليزم الشادوف.

أنبوب خشبي أزبل بعضه في الرسم لبيان اللولب في داخله.



شادوف أرخميدس

سِنّ المسمار الملولب أشبه بسطح مائل ملفوف حول أسطوانة.

### السطح المائل

المعروف أن دفع الشيء صعباً على سطح مائل أيسر من رفعه حتماً. يستخدم عمال نقل الأثاث مثلاً، لوحاً مائلاً في تحميل الأثاث الثقيلة في الشاحنة. فهم يدفعون الأشياء مسافة أطول من مسافة رفعها عمودياً، لكنهم يبذلون في ذلك جهداً أقل - فالسطح المائل إذن آلة تُضخم القوة.

### المسمار الملولب

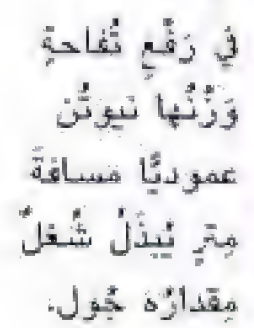
سِنّ المسمار الملولب هو في الواقع سطح مائل. والمسمار الملولب ذو فائدة آلية لأنه يبرم مسافة أطول من المسافة التي يتحرك بها إلى الأمام؛ وهذا يعني أنه يتحرك إلى الأمام بقوة أكبر من القوة التي تُبذل في برمه. أحياناً تُرفع مياه النهر ليزي الحقل بواسطة نبطة تُدعى شادوف أرخميدس. فكلما يدار الشادوف دورة، ترتفع المياه قليلاً داخل أنبوه.



### لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الظفر والغوص ص ١٢٩
- الأصوات الموسيقية ص ١٨٦
- الهيكل الداعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨





يُستخدَمُ الجُولُ كَوَحْدَةٍ شَعْلٍ، كما هو وَحْدَةُ طَاقَةٍ. والجُولُ هو الشَّغْلُ الْمَبْدُولُ عندما تُحْرَكُ قُوَّةٌ، بِمِقْدَارِهَا نِيُوتِنٌ، شِبْطًا سَبَافَةً مِترٍ فِي اتِّجَاهِهَا.

طاقة طبيعية

تستخديمُ خُفْسَاءَ الرُّوثِ الطَّاقَةَ المخزونة  
في عُضَلَاتِهَا لِتَبْدُلَ شُغْلًا - في هذه  
الحالة، دَفَعُ كُرَّةَ الرُّوثِ صُغْدًا فَوْقَ  
مُنْحَدٍ. فَكَلَّمَا ارْتَدَّ ثِقُلُ الْكُرَّةِ وَازْدَادَ  
مَدًى وَقَعِيهَا. يَزْدَادُ الشُّغْلُ الَّذِي تَبْدُلُهُ  
الْخُفْسَاءُ، وَتَزْدَادُ الطَّاقَةُ  
الَّتِي تَسْتَهْلِكُهَا.



لا يمكنك العيش بدون الطاقة التي تحصل عليها يوميًا من طعامك. لكن الإفراط في تناول الطاقة قد يضرّ كلفتها. أنواع الأغذية المختلفة تحوي كميات مختلفة من الطاقة. فالطاقة المتوفرة في ٢٤ غرامًا من الشوكولاته بالحليب مثلاً، تعادل الطاقة المتوفرة في كيلوغرام واحد من البندورة الطازجة.

## احتياجاتنا من الطاقة

نُقاس الطاقة بالجول، لكنَّ الجول وَحْدَةٌ صغيرة؛ لذا يُستخدم الكيلوجول (كج = ١٠٠٠ جول) كوَحْدَةٍ لقياس كَمِيَّة الطاقة في طعامنا؛ كما تُستخدم أيضًا وَحْدَةُ الكيلوكالوري (ككال = ٤,٢ كيلوجول). الذكور والإناث من مختلف الأعمار يستهلكون كَمِّيَّات مختلفة من الطاقة كُلَّ يوم، تبعًا لنوع عَمَل كُلِّ منهم. فالصبي الراشد مثلاً، يحتاج إلى حوالي ١٢,٦٠٠ كج (أو ٣٠٠٠ ككال) من الطاقة يوميًّا، بينما تحتاج الفتاة إلى حوالي ١٠,٥٠٠ كج (أو ٢٥٠٠ ككال).



(١٨١٨-١٨٨٩) كَانَ  
مِنْ أَوَائِلِ مَنْ أَدْرَكُوا  
أَنَّ الشَّغْلَ يُؤَلِّدُ حَرَارَةً،  
وَأَنَّ الْحَرَارَةَ شَكْلٌ مِنْ

أشكال الطاقة. فقد أدارَ جُولٌ مُغاديفَ  
خاصَّةً في وعاءٍ به ماء، فلاحظَ أنَّ الماءَ يسخُنُ،  
وأنَّه كُلُّما ازدادَ تدويرُ المغاديفِ، وبالتالي  
الشُّغْلُ المبذولُ، ازدادتْ سَخُونَةُ الماءِ.  
فأدركَ أنَّ الشُّغْلَ يحوِّلُ الطاقةَ الحركيَّةَ إلى طاقةٍ  
حراريَّةٍ. كانَ جُولٌ مُعَرِّمًا بإجراء  
الاختباراتِ، وقد وَجَدَ بالاختبارِ مرَّةً أنَّ درجةَ  
حرارةِ الماءِ، في أسفلِ السَّلالِ، أزيدُ منها في  
أعلىها، ممَّا يثبتُ أنَّ طاقةَ المِياهِ الساقطةِ  
تتحوَّلُ إلى حرارةٍ.



عاجل منتقل  
۱۶۸۰۰ کج  
(او - ۰۰۰ - ۱۶۸۰۰)

وُلد - ٨١٠٠ كج      فتاة - ١٠٥٠٠ كج      فتى - ١٢٦٠٠ كج      امرأة - ٩٢٠٠ كج      رَجُل - ١٢٦٠٠ كج  
 (أو ٢٠٠٠ كج)      (أو ٢٠٠٠ كج)      (أو ٣٠٠٠ كج)      (أو ٢٢٠٠ كج)      (أو ٣٠٠٠ كج)



## أشكال الطاقة

الجسم المتحرك له طاقة اكتسبها نتيجة لحركته؛ فطاقة الحركة من سيارة متحركة قد تهدم جداراً من الطوب. أما الطاقة التي اكتسبها الجسم نتيجة لوضعه، كما السد العالي مثلاً، فهي طاقة الوضع؛ وهي طاقة كامنة يمكن أن تتحول إلى طاقة حركية. الطاقة الكيميائية هي شكل من أشكال الطاقة الكامنة المخزنة في التركيبة الكيميائية لبعض الأشياء كالنباتات والنقط والمخيم والبطاريات. وأكثر أشكال الطاقة، تعدد استعمال، هي الطاقة الكهربائية إذ يمكن تحويلها بسهولة إلى أشكال أخرى من الطاقة: ضوءاً أو صوتاً أو حرارة.

التفريغ النفاثي هذا يعمل بطاقة كيميائية، مخزونة في بطارياته، تتحرر عندما يسري تيار كهربائي عبره لتنتج حرارة وضوءاً وضوئاً.



في عضلات القطيفة طاقة مخزونة تستخدم للهرب بعضاً لتتسلق الشجرة، وخلال التسلق تزداد طاقتها الكامنة الثقالية - بحيث يمكنها السقوط! وبسقوطها تكتسب القطيفة طاقة حركية.

في أوراق النبتة ومختلف أجزائها طاقة مخزونة يمكن إطلاقها إذا تغير التركيب الكيميائي للنبتة، كأن تحرق أو يلتهمها حيوان مثلاً، فتنتج طاقة ضوئية أو حرارية.



عقريث الغلبة يكتسب طاقة كامنة مملوطة عندما يكتسب داخل الغلبة.

## طاقة الحركة

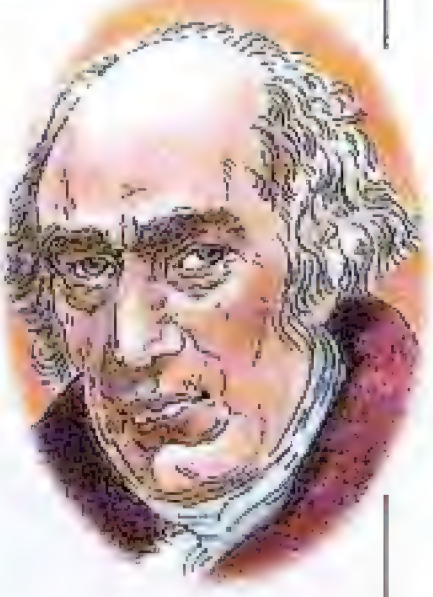
استخدمت الطواحين الهوائية أصلاً لتدوير آلات كالتاحون مثلاً. فيدوران أسرعها تحرك طاحونة الهواء الرحي، محولة طاقة حركية الريح إلى حركة حبر الرحي. تناسب طاقة حركة الجسم طردياً مع كتلته ومربع سرعته. فإذا تضاعفت كتلة الجسم، تضاعفت طاقة حركته، أما إذا تضاعفت سرعته، فإن طاقة حركته تزداد أربع مرات.



عند رفع غطاء الغلبة يندفع العقريث قاذراً يتحول طاقته الكامنة إلى طاقة حركية.

## جيمس واط

جيمس واط (١٧٣٦-١٨١٩)، مخترع اسكتلندي عمل صانع أدوات بجامعة غلاسكو وهو في سن العشرين. وبينما كان يصنع نموذج محرك بخاري، ارتأى إمكانية تحسينه فيما لو شغل بأسطوانتين. وقد صنع محركاً بخارياً محسناً بالحجم الطبيعي، فكان أعلى قدرة وأجدي اقتصادياً من المحركات السابقة بكثير. ولم يمض طويل وقت حتى عم استخدام محركاته في المصانع والمناجم الإنكليزية كافة، كما صدرت إلى أوروبا وأمريكا الشمالية.



يحتاج إلى ولدين لرفع الثقل بالسرعة التي يرفعها بها الرجل.



## رفع الأثقال

القدرة هي معدل بذل الشغل، أو مقدار السرعة التي يتحول فيها شكل من الطاقة إلى آخر. الرجل أشد قدرة من الولد، فهو يستطيع رفع الثقل بسرعة، لكن الولد إن استطاع ذلك فبطء. وخدعة قياس القدرة الواط، وقيمته تحول في الثانية.

## الطاقة الكامنة

الطاقة الكامنة هي الطاقة التي اكتسبها الجسم نتيجة لوضعه أو حالته. فعقريث الغلبة مثلاً، يكتسب طاقة كامنة عندما يضغط داخل الغلبة. ومن أنواع الطاقة الكامنة الطاقة الكامنة الثقالية (لجسم مرفوع)، والطاقة الكامنة المرونية (لجسم مرن ممتد أو مضغوط)، والطاقة الكامنة الكهربائية (لجسم قرب شحنة كهربائية)، والطاقة الكامنة المغناطيسية (لقطعة من الحديد قرب مغناطيس).

## لمزيد من المعلومات انظر

- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الحرارة ص ١٤٠
- المحركات ص ١٤٣
- مصادر الكهرباء ص ١٦٠
- الصوت والضوء ص ١٧٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



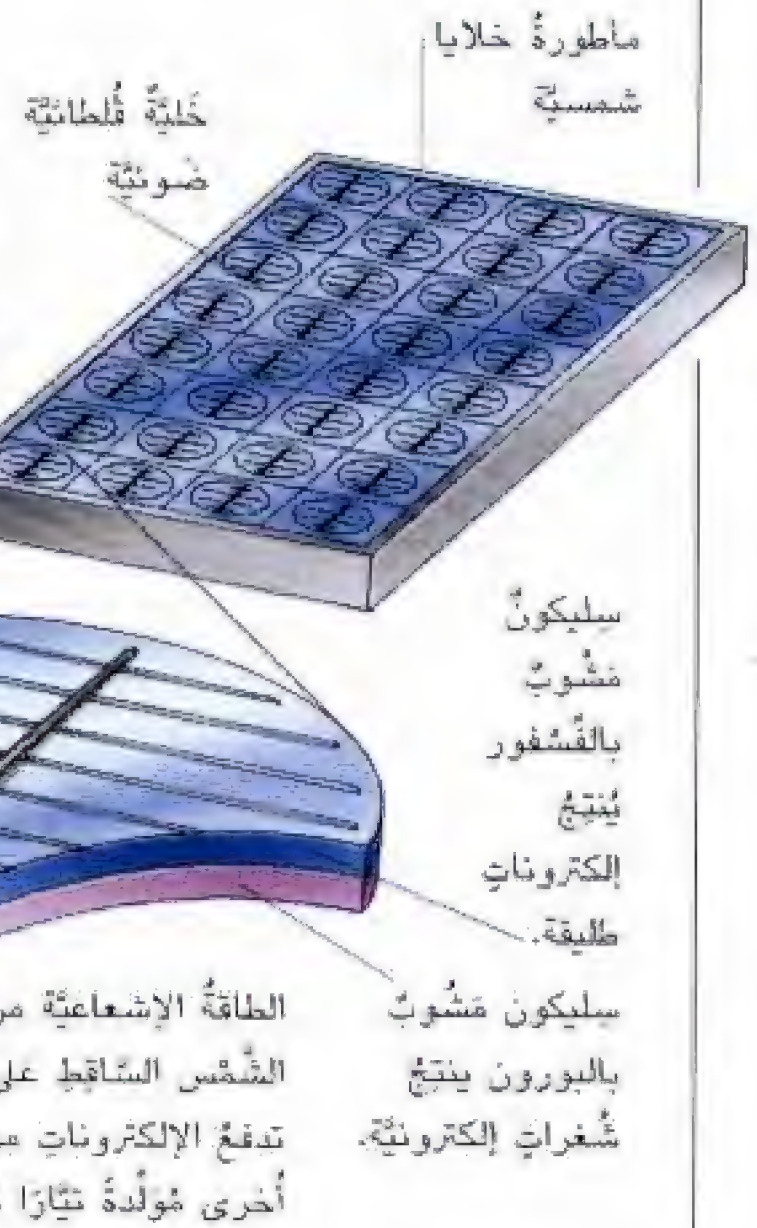
# مصادر الطاقة

كمية الطاقة التي تصل الأرض من الشمس ضخمة (حوالي  $3 \times 10^{26}$  ميغاواط ساعة سنوياً). وقد قدر أحدهم الطاقة الساقطة على طرقات الولايات المتحدة في سنة واحدة بضعف الطاقة المنتجة من الفحم والنّفط سنوياً في سائر أقطار العالم. وتصلنا طاقة الشمس في ظواهر متعددة - كالرياح والأمواج مثلاً، أو كطاقة شمسية مباشرة. وتنحصر أشكال الطاقة التي ليست الشمس مصدرها في الطاقة النووية، والطاقة الكيماوية في البطاريات الكهربائية، وطاقة المد والجزر، والطاقة الحرارية الأرضية الجوفية. مصادر الطاقة بعضها متجدد لا ينضب، وبعضها الآخر، كالنّفط والفحم لا يتجدد، وهو آيل حتماً للنفاد.



## طاقة الكتلة الحيوية

الطاقة المستمدة من المنتجات العضوية للكائنات الحية كالحطب والجلّة مثلاً، تدعى طاقة الكتلة الحيوية. ويستخدم نصف سكان الأرض تقريباً أحد أشكال هذه الطاقة في الطبخ والتدفئة والإضاءة. هذا الرجل من الهند يستخدم الغاز الحيوي للطبخ. وهذا الغاز هو مزيج من الميثان وثاني أكسيد الكربون ينتج من تعفن الفضلات أو تخمر روث الحيوانات.



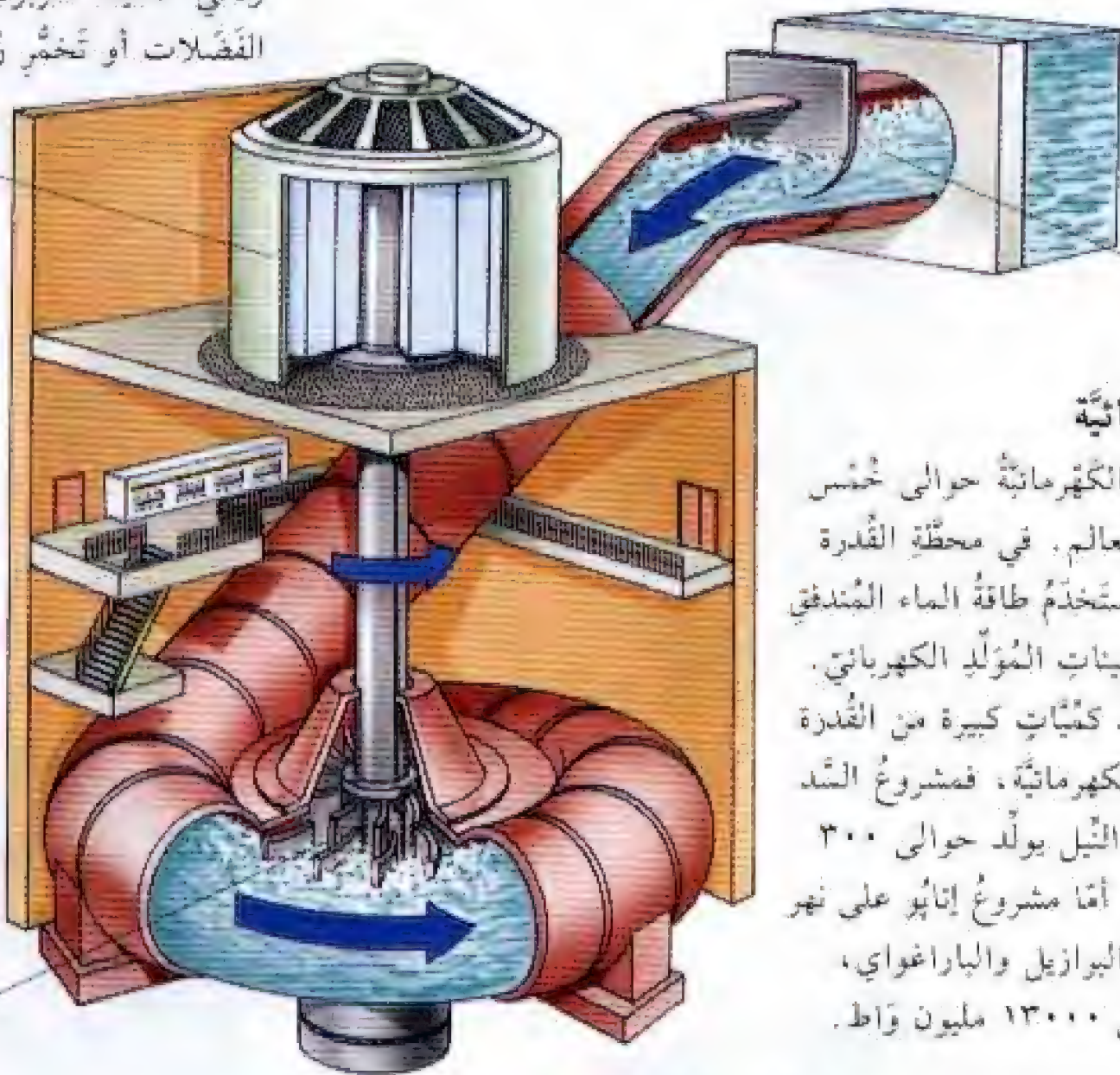
## تحويل ضوء الشمس إلى طاقة

الشمس مصدر طاقة مهم متجدد وغير ملوث. يمكن تحويل طاقة الشمس إلى طاقة كهربائية مباشرة داخل خلايا (شمسية) فلطانية ضوئية. وتستخدم هذه الخلايا في الحاسبات والممارات الراديوية ومحطات الوصل التلفزيونية العاملة بالطاقة الشمسية في المناطق النائية، كما في السواحل الفضائية، وفي الطائرات الملاحية في غرض المحيطات.



## القدرة المائية

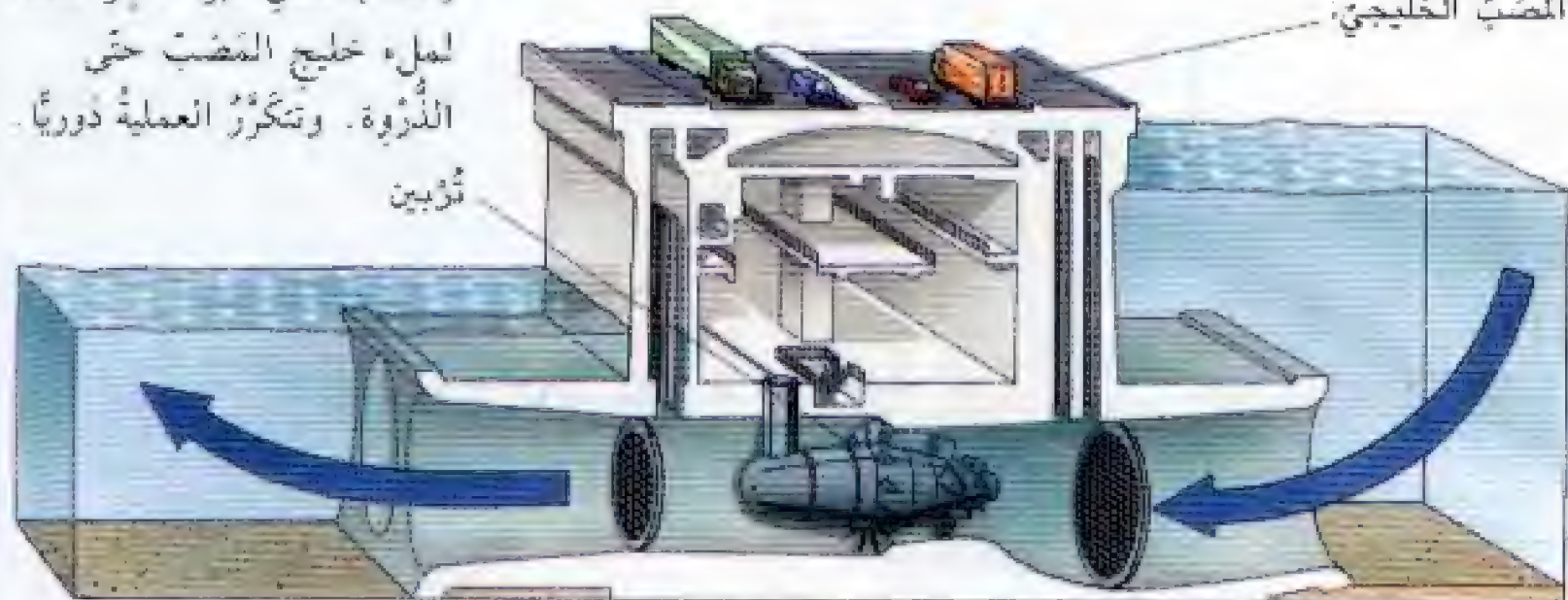
توفر الطاقة الكهربائية حوالي خمس الطاقة في العالم. في محطة القدرة الكهربائية تُستخدم طاقة الماء المندفق في تسير توربينات المولد الكهربائي. ويمكن توليد كميات كبيرة من القدرة بالمشاريع الكهربائية، فمشروع السد العالي على النيل يولد حوالي ٣٠٠ مليون واط، أمّا مشروع إنابو على نهر پارانا، بين البوازيل والباراغواي، فيولد حوالي ١٣٠٠٠ مليون واط.



## قدرة المد

بُنيت أولى كُبريات محطات القدرة المدّ جزئية في العالم عبر المصبّ الخليجي لنهر رانس في برتاني، بفرنسا؛ وتستطيع إنتاج ٢٤٠ مليون واط - تُمدّ احتياجات مدينة سكانها ٣٠٠,٠٠٠ نسمة. عند الجزر، يُحصّر الماء داخل السد على مستوى ذروة المد. وعندما يصل الفرق في مستويي الماء ٣ أمتار، يُسمح للماء بالتدفق من السد نحو البحر، ماراً عبر ٢٤ توربيناً ضخماً لتسيير مولدات الكهرباء. وعند عودة المد، يُسمح للماء بالتدفق عبر حاجز السد لعمل خليج المضب حتى الذروة. وتكرّر العملية دورياً.

صريق سيارات فوق المصبّ الخليجي.



## الصخور الحارة

تبلغ حرارة بعض الصخور في القشرة الأرضية ١٠٠٠°س، مما يجعل جوف الأرض مخزناً هائلاً للطاقة الحرارية الأرضية. بعض هذه الطاقة يصل إلى سطح الأرض طبيعياً كمحاث المياه الحارة أو فوارات البخار. وفي بعض المناطق يُضخّ الماء إلى باطن الأرض لتسخن ثم يُعاد لإفادة من طاقته الحرارية. وتُستغل الطاقة الحرارية الأرضية في قرابة ٢٠ بلداً في العالم للتدفئة أو لإنتاج الكهرباء.





## داخل محطة لتوليد القدرة

تحتوي محطة توليد القدرة العاملة بالزيت أو الفحم قوتاً حيث يُحرق الوقود لتسخين الماء وإنتاج البخار. وهذا البخار يُدير تربين مولد كهربائي. ومن المولد تُرسل الكهرباء عبر كبلات شبكة التوزيع إلى المنازل والمكاتب والمصانع. والبخار يُمرّر عادةً عبر ثلاثة تربينات على التوالي، حتى تُستفد كل طاقته قبل أن يُعاد لتكثف ماءً في المكثف.

مولد كهربائي ضخم

المحول يحوّل القلطيّة قبل توزيع التيار على المنازل والمصانع.

ونفاذ مخزون الفحم العالمي خلال ٢٥٠ سنة.

ونفاذ مخزون الغاز العالمي خلال ٦٠ عامًا.

يتوقّع الخبراء نفاذ احتياطي النفط العالمي خلال ٤٠ عامًا.

يُفكّ بعض من الحرارة غير المُخدّنة.

تبريد

يُشري الماء من المكثّف إلى أبراج التبريد حيث يزداد في الهواء ليبرد.

لتسريع الاشتعال يُسخّن الفحم في طاحون ويُنتثر سحقه في الفرن حيث يشتعل بتوهج.

## الوقود الأحفوريّة

الفحم والغاز الطبيعي والنفط وقد أُخفّرت لأنها بقايا نباتات وحيوانات اندثرت منذ زمن بعيد. وهي وقود سهلة الاستعمال وفيرة القدرة، لكنّ اشتعالها يُطلق ثاني أكسيد الكربون في الجو ممّا يزيد الحمّ العالمي بظاهرة الدفيئة. إنّ مُعدّل استهلاك هذه الوقود يتزايد بسرعة، علماً أنّ مخزونها العالمي محدود كمّاً. وحتى لو استمرّ الاستهلاك بالمُعدّل الحالي، فإنّ مُجمّل مخزونها في العالم لن يكفي لأكثر من ٢٥٠ سنة.

## الطاقة في المنازل

يستهلك منزل عاديّ في سنة واحدة خمسة أضعاف الطاقة التي يبذلها جميع المتسابقين في سباق ماراتوني (مداه ٤٢,٢ كلم). المصدر الأساسي للطاقة في المنازل هو الكهرباء، لكنّ يُستخدم أيضاً الفحم والغاز والزيت والخطب. وقد تُستخدم بعض المنازل الحديثة السخانات الشمسيّة لتسخين الماء. والسخان الشمسيّ هو صندوق ذو واجهة زجاجيّة في داخله أنابيب مطلية بدهان أسود - لأنّ اللون الأسود يمتصّ حرارة الشمس فيسخن الماء الساري في الأنابيب.

## مصادر الطاقة

ح ١٠٠ استخدم الرومان الفحم وعوداً.  
ح ٦٥٠ استخدمت الطواحين الهوائية في بلاد فارس.  
١٨٥٩ حُفرت أول بئر للنفط في بنسلفانيا، بالولايات المتحدة.  
١٨٨٠ بُنيت أول محطة لتوليد الكهرباء في لندن بانكلترا.  
١٨٩١ عُرضت أول محطة قدرة كهربائيّة في ألمانيا.  
١٩٥١ توليد الكهرباء للمرة الأولى بالطاقة النوويّة في الولايات المتحدة.  
١٩٦٠ بُنيت أول محطة قدرة حراريّة شمسيّة في تركمنستان بالاتحاد السوفياتي السابق.  
١٩٦٨ دُشنت أول محطة قدرة مدريّة في فرنسا.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الطاقة النوويّة ص ١٣٦
- المحركات ص ١٤٣
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- موارد الكهرباء ص ١٦٠
- الصخور المتحوّلة ص ٢٢٤
- الأمواج والمدّ والتيّارات ص ٢٣٥
- الجو ص ٢٤٨
- دورات في الغلاف الجوّي ص ٢٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٢٧٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨





# الطاقة النووية

تحتوي الذرة قدرًا هائلًا من الطاقة - هو طاقة نووية - نتيجة للقوى الشديدة الرابطة بين جسيمات نواتها. وتحدث التفاعلات النووية طبيعيًا، وهي التي تُكسب الشمس قدرتها. وقد حاول العلماء تسخير الطاقة النووية، وقد نجحوا بتحقيق ذلك فقط من ذرات بعض العناصر - كاليورانيوم والبلوتونيوم والديوتيريوم (الهيدروجين الثقيل). إن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من كيلوغرام واحد من الديوتيريوم تعادل الطاقة المنتجة من ثلاثة ملايين كيلوغرام من الفحم. هناك طريقتان أساسيتان لإطلاق الطاقة النووية: الانشطار النووي - حيث تنفلق نواة الذرة؛ والاندماج النووي - حيث تندمج نواتا ذرتين أو أكثر.



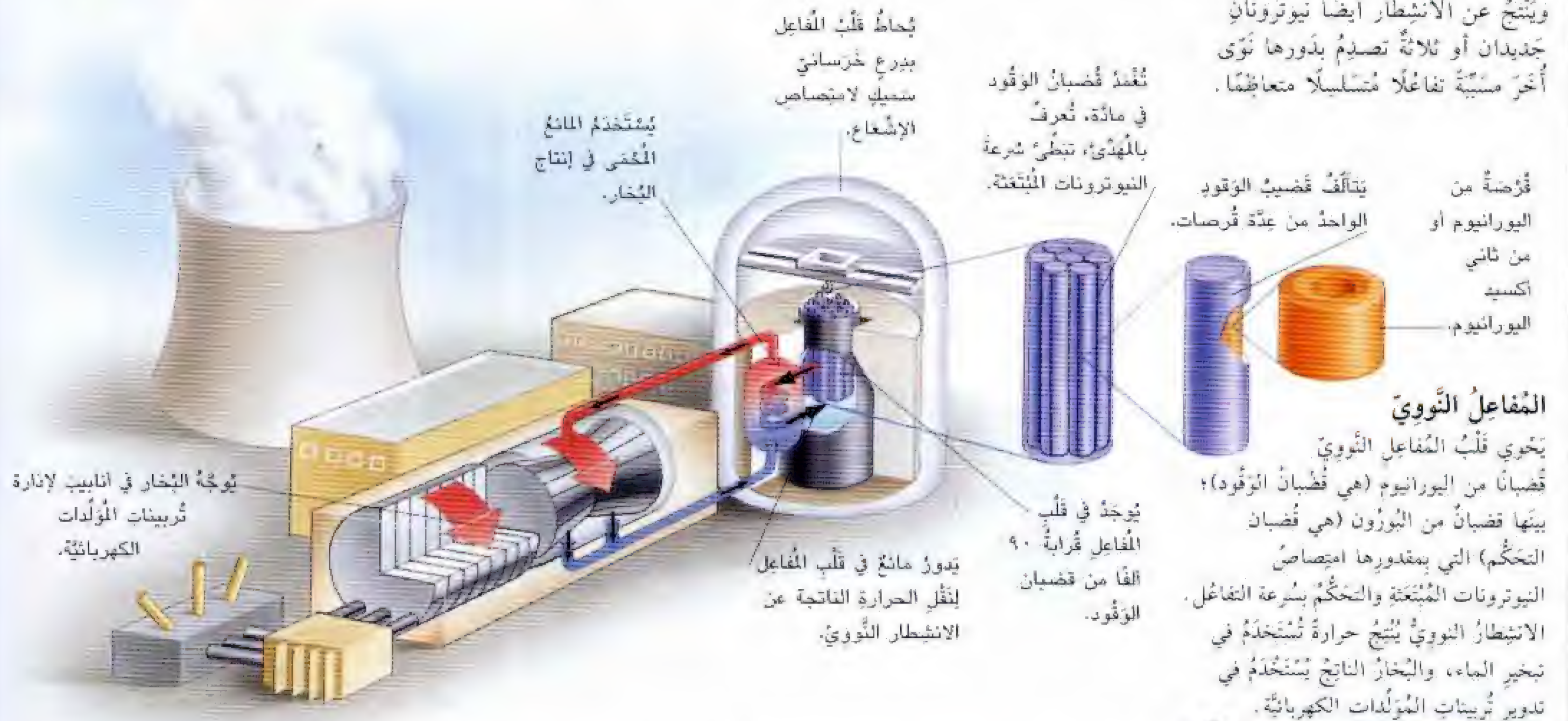
## الانشطار النووي

نواة الذرة مُحاطة بالكهربونات تدور بسرعات هائلة في مدارات مُحَدَّدة تولّد غلافًا لا يمكن اختراقه عادة. لكن باستطاعة نيوترون عالي السرعة، مُندفعًا بعُنف، اختراق هذا الغلاف لتمتصه النواة. وإذا كانت النواة غير مستقرة، فإنها ستنفلق شظّين، ويُعرف هذا بالانشطار النووي. ويُنْتِج عن الانشطار أيضًا نيوتروناتٍ جديدةٍ أو ثلاثة تصدّم بدورها نوى أخرى مسببة تفاعلًا متسلسلاً متعاظماً.



## الإشعاع

في الصورة أعلاه، يُعدّ العمّال لاستبدال قضيب وقود من قلب المفاعل النووي، وقد غُمر هذا بالماء إلى عمق ١٠,٥ م للمحافظة على سلامتهم من الإشعاع. أمّا الوقع الأزرق فعائد إلى كون الجسيمات المشحونة العالية الطاقة تسير في الماء بسرعة تفوق سرعة الضوء فيه.



## المفاعل النووي

يحتوي قلب المفاعل النووي قضبانًا من اليورانيوم (هي قضبان الوقود) بينها قضبان من البلوتونيوم (هي قضبان التحكم) التي بمقدورها امتصاص النيوترونات المُنتجة والتحكم بسرعة التفاعل. الانشطار النووي يُنتج حرارة تُستخدَم في تسخين الماء، والبخار الناتج يُستخدَم في تدوير تربينات المولدات الكهربائية.

## النفايات النووية

قضبان الوقود في مفاعل نووي تُستهلك بعد حين وينبغي استبدالها. وهي نفايات خطيرة عالية الإشعاعية. والنفايات النووية تبقى ذات فاعلية إشعاعية حتى بعد ٢٥,٠٠٠ سنة، ويجب التخلص منها بحذر شديد. ويمكن تخزينها مُركّزة في خزانات من التولاد الذي لا يصدأ، مُحاطة بالخرسانة. أمّا النفايات الأكثر خطورة فتُحصر داخل كُتل زجاجية يُحفظ لتخزينها عميقًا في مناجم مهجورة تحت الأرض.



## تحويل الكتلة إلى طاقة

كتلة النواتج في تفاعل نووي أقلّ من الكتلة البدئية للمُتفاعلات - يعني أنّ جزءًا من الكتلة يتلاشى في التفاعل. وقد بين ألبرت أينشتاين أن الكتلة المُتلاشية تتحوّل إلى طاقة بمُقتضى المعادلة:

$$E = mc^2$$

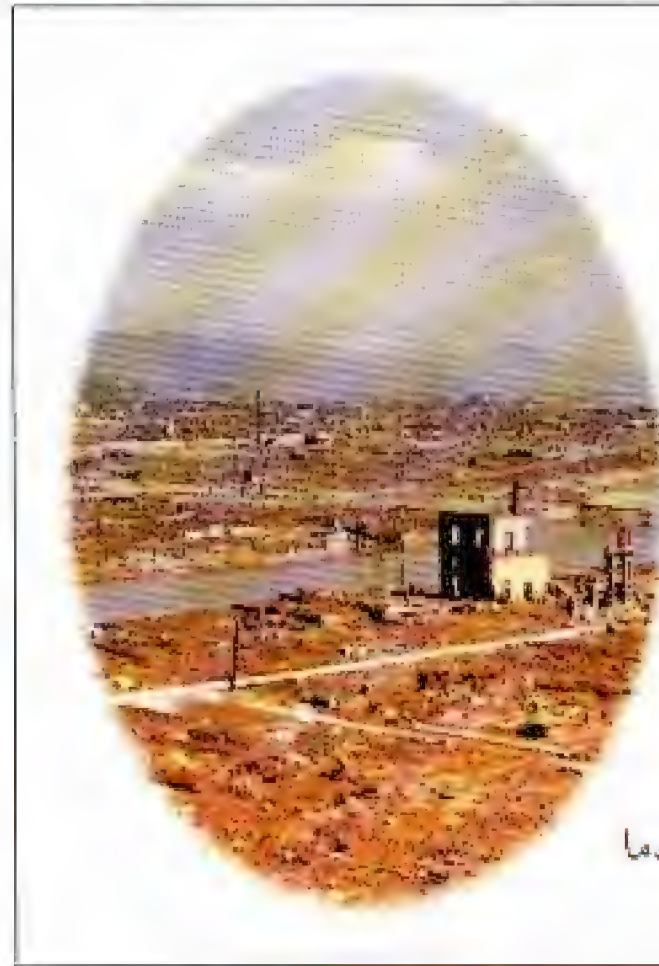
النتيجة، «ك» الكتلة المُتلاشية، و «س» سرعة الضوء. وحيث إنّ قيمة «س» كبيرة جدًا، فإنّ النقص الكتلي الضئيل يُولّد كمّيّة هائلة من الطاقة. إنّ تحويل كيلوغرام واحد من المادة إلى طاقة ينتج ما يعادل طاقة زلزال شديد كالذي حصل في مدينة مكسيكو عام ١٩٨٥ وأحدث دمارًا فادحًا كما ترى في الصورة.





## الأسلحة النووية

تكتسب القنبلة الذرية طاقتها من الانشطار النووي اللامحكوم. فإذا جمعت كميتان من نظير اليورانيوم - 235 أو نظير البلوتونيوم - 239 معاً لتكوين كتلة فوق الحرجة يحدث الانفجار. أما القنبلة الهيدروجينية فتكتسب طاقتها من الاندماج النووي؛ وهي في الواقع قنبلة ذرية مُحاطة بالديوتريوم. فعندما تنفجر القنبلة الداخلية، تتولد درجة حرارة هائلة تجعل نوى الديوتريوم تندمج بطاقة أعظم. في الصورة المقابلة منظر لمدينة هيروشيما في اليابان بعدما أُسقطت عليها قنبلة ذرية عام 1945.



## تسخير الاندماج النووي

حتى الآن، لم يُستخدم الاندماج النووي عملياً على الأرض للحصول على الطاقة. معظم الأبحاث الاندماجية النووية تستخدم مكنة تُسمى «توكاماك»؛ وهي تضم وعاء حلقيًا يحوي الغاز المراد تدميجه على شكل بلازما. ويجب إحماء البلازما إلى درجة حرارة تبلغ عدة ملايين من الدرجات قبل إحداث الاندماج. وحيث إنه ليس باستطاعة أي وعاء احتمال درجات الحرارة هذه تُستخدم مجالات مغناطيسية لحصر البلازما بعيداً عن جدران الوعاء.

## الطاقة النووية

1905 بين الفيزيائي الألماني ألبرت أينشتاين أنه يمكن تحويل الكتلة إلى طاقة.

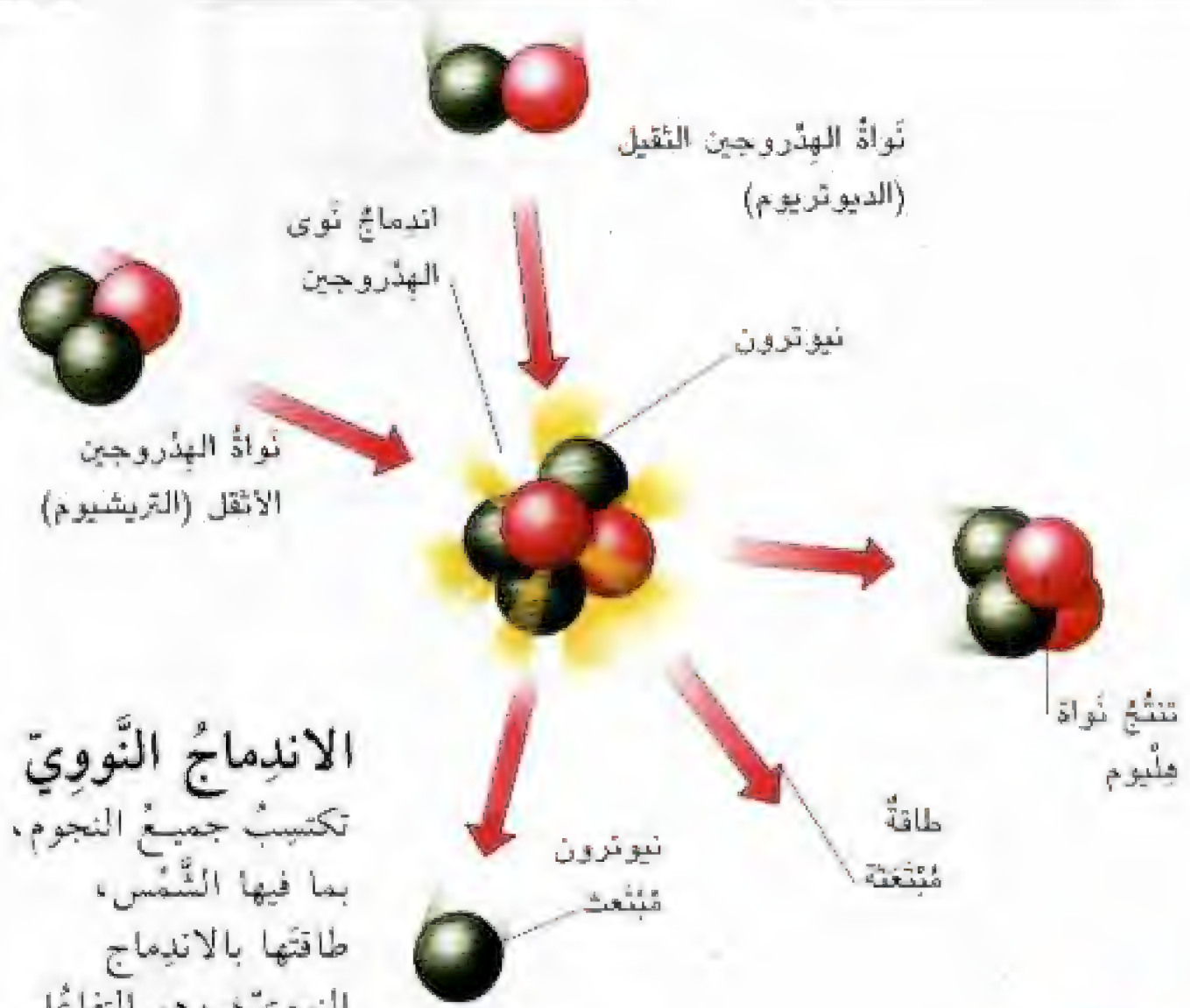
1919 أعلن النيوزيلندي أرنست رذرفورد عن فلقه لنواة ذرة الليثيوم. 1939 أعلن العالمان الألمانيان أوتو هاهن وفريتر ستراسمان اكتشاف الانشطار النووي.

1942 بنى الإيطالي، أنريكو فرمي، أول مُفاعل نووي في جامعة شيكاغو بالولايات المتحدة.

1951 توليد كهرباء بالطاقة النووية لأول مرة بواسطة مُفاعل مُولد اختياري في أيداهو، بالولايات المتحدة.

1956 بدأت أول محطة قدرة نووية تجارية بالعمل في كالدر هول، بإنكلترا. 1986 انفجار مُفاعل شرنوبيل، بروسيا، أطلق سُحباً من المواد المشعة وصلت إلى أسوج.

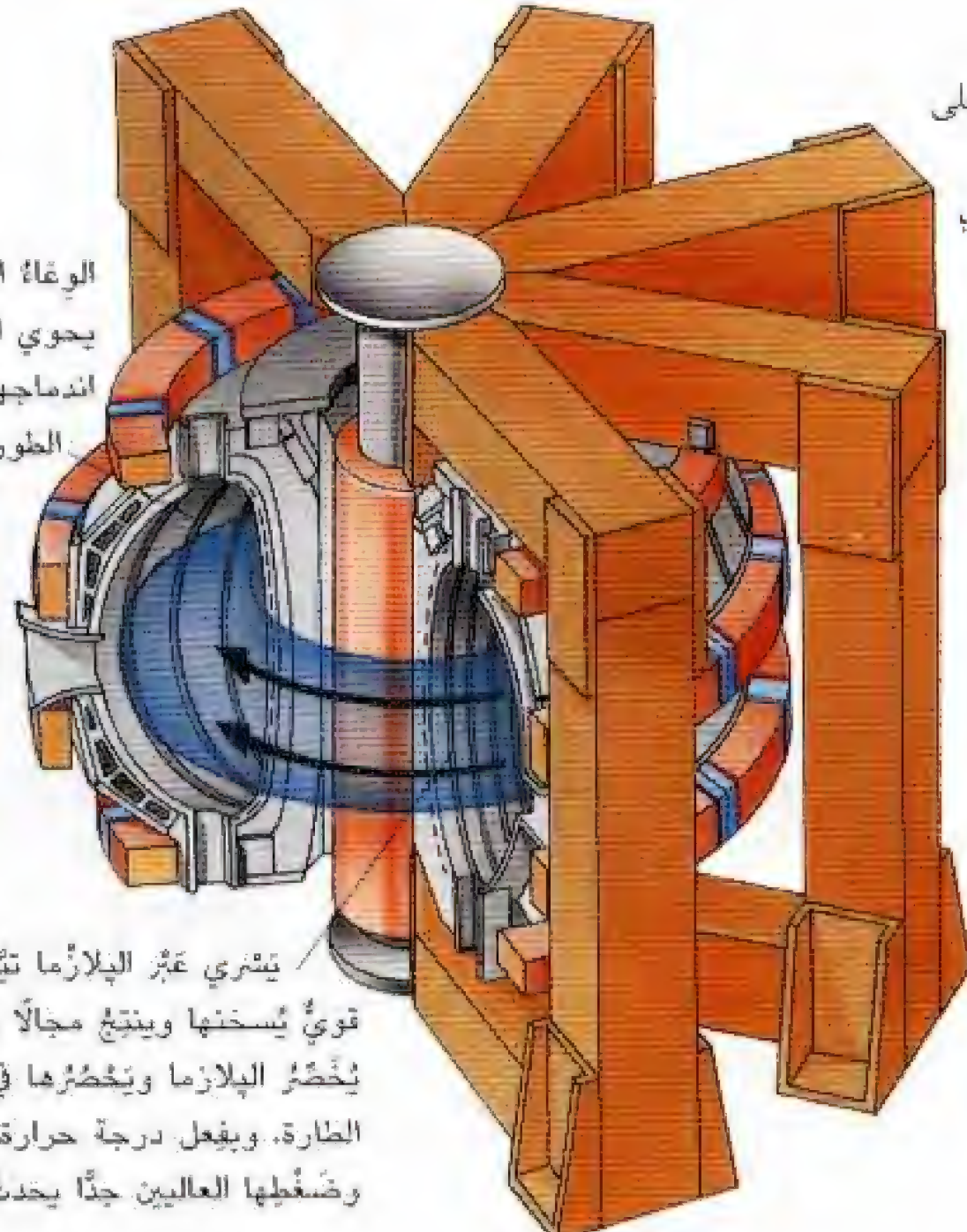
1991 أول اندماج نووي مُحكم به في مختبر جت (الطوروس الأوروبي المشترك) في أكسفورد، بإنكلترا.



## الاندماج النووي

تكتسب جميع النجوم، بما فيها الشمس، طاقتها بالاندماج النووي؛ وهو التفاعل الذي تندمج فيه نواتان أو أكثر. ففي الشمس مثلاً، تندمج نوى الهيدروجين لإنتاج نوى الهيليوم، والتقصُّ الكتلي في هذه العملية يتحول إلى طاقة.

الوعاء الحلقي الذي يحوي البلازما المراد اندماجها يُسمى الطوروس «الطارة».



## مُسارع الاندماج

وتُبدل جهود أخرى لإنتاج اندماج نووي مُحكوم في مكنات تسمى مُسارعات الحزم الجسيمية التي يُعتبر مُسارع ألوكيركه، بالولايات المتحدة أعظمها قدرة. هذا المُسارع، المُركّز في خزان ماء، يُوجّه نبضة كهربائية قدرتها 100 ترليون واط نحو كرويٍّ من غاز الديوتريوم بحجم حبة البسيلي. عند إطلاق الحزمة يُعبر سطح الماء شرراً كهربائية تُحمي الغاز إلى ملايين درجات الحرارة لبضعة أجزاء البليون من الثانية - وهي بُعد غير كافٍ لبدء تفاعل الاندماج، لكنَّ البحث والتجارب مُستمرة.



## ليز مايتنر

عملت ليز مايتنر (1878-1968)، النمساوية المولد، في برلين منذ العام 1907 مع الفيزيائي الألماني أوتو هاهن. وفي عام 1938، اضطرت للفرار من الحكم النازي إلى أسوج. وبعد مُضي بضعة أشهر على وجودها في أسوج، أعلمها هاهن عن بعض نتائج مُحيرة، توصّل إليها في إحدى التجارب مع ألماني آخر هو فريتر ستراسمان. فأدركت مايتنر أنَّ هاهن قد حقّق فلق نواة اليورانيوم؛ أي إنه اكتشف الانشطار النووي. وعندما أعلن هاهن الاكتشاف، لم يُشر إلا بقليل من الفضل لفيلته مايتنر ونفاذ بصيرتها. وفي عام 1944، مُنح هاهن جائزة نوبل، دون أن تقاسمه مايتنر ذلك الشرف.

## لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص 24
- النشاط الإشعاعي ص 26
- السرعة ص 118
- مصادر الطاقة ص 134
- تحولات الطاقة ص 138
- الكهرباء الثابتة ص 148
- المغناطيسية ص 154
- النجوم ص 278
- حقائق ومعلومات ص 408



# تحوّلات الطاقة

في التفرّيع البرقي تتحوّل الطاقة الكهربائية بمشهدٍ مُثيرٍ إلى طاقةٍ ضوئيةٍ وصوتيةٍ وحراريةٍ. والواقع أنّ تحوّلات الطاقة من شكلٍ إلى آخرٍ جاريةٌ حولنا باستمرارٍ. فعندما تضغطُ زرّاً كهربائياً، تتحوّل الطاقة الكهربائية فوراً إلى طاقةٍ ضوئيةٍ وحراريةٍ. والبراعة (برقانه الحُباب) تُحوّل الطاقة الكيميائية في غذائها إلى طاقةٍ ضوئيةٍ وإلى طاقةٍ حركيةٍ عند الحاجة. وأنت حين ترفعُ جسمًا ثقيلًا، تتحوّل الطاقة الكيميائية في عضلاتك إلى طاقةٍ كامنةٍ في الجسم المرفوع. فكلّما ازداد الشغل المبذول، تزداد الطاقة المحوّلّة.



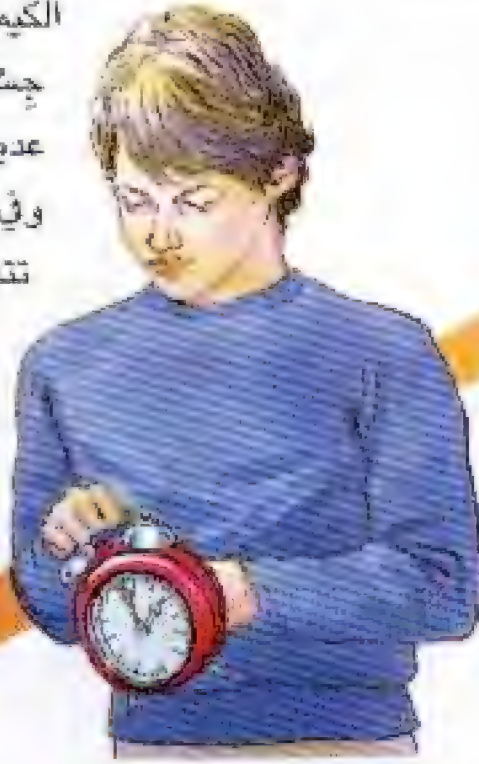
## تغيّرات الطاقة

في القوس المشدودة طاقة مرونة كامنة، كما في نابض مضغوط. فحين يُسبّب القوس، تتحوّل الطاقة الكامنة فيه إلى طاقة حركية في السهم المنطلق. وعندما يصيب السهم الهدف، نسمع زلقة؛ لقد تحوّلت طاقته الحركية إلى طاقةٍ صوتيةٍ، وقليل من الطاقة الحرارية. الجدارية المصرية أعلاه تُملّ الفرعون رمسيس الثاني.

في ساعة المنبّه، تتحوّل الطاقة الكامنة في الزنبرك المشدود لَمَّا إلى طاقة حركية في غفارب المنبّه، وإلى طاقةٍ صوتيةٍ في تكتّاه. وبظل المنبّه يعمل حتى تُفقد الطاقة الكامنة في زنبركه.



إذا أكلت جُرّة، تنتقل الطاقة الكيميائية المخترنة فيها إلى جسمك، وتستخدم في أنشطة عديدة كالتنفّس والحركة. وفي تدويرك ساعة المنبّه، تتغيّر الطاقة الكيميائية هذه إلى طاقةٍ مرونة كامنة في زنبرك المنبّه.



أوراق الجُرّ الخضراء تُحوّل طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية في سكر الجُرّ بالتخليق الضوئي.



تُطلق بقية طاقة السهم الناري الكيميائية كطاقة صوتية وضوئية عندما يتفجّر في الجوّ.

## سلسلة طاقة

هل تدري أنّ ساعة المنبّه، في حقيقة الأمر، تستمد قدرتها من الشمس؟ إنّ الطاقة نادرًا ما تتحوّل مباشرةً من شكلها الأولي إلى شكلها النهائي؛ بل تمرّ عادةً في سلسلة من التحوّلات. فطاقة الشمس تُنمي الغذاء؛ وبتناولنا هذا الغذاء نُخلّق مخزونًا من الطاقة الكيميائية، في أجسامنا، يُمكننا استخدام بعضها في تدوير ساعة المنبّه. وهذا يُكسب المنبّه طاقةً كامنةً يُحوّلها بدوره إلى حركةٍ وطاقةٍ صوتيةٍ.

## اللورد كلّفن

وليم طومسون (١٨٢٤-١٩٠٧)، رياضي وفيزيائي بريطاني، وُلد في بلفاست بإيرلندا الشمالية. دخل جامعة غلاسغو في العاشرة من عمره وأصبح أستاذًا في الثانية والعشرين. أسهم في تأسيس علم الديناميات الحرارية، فأرّس علاقات مُحَدّدة بين الحرارة والشغل والطاقة. كما اخترع مقياس درجة الحرارة المطلقة - مقياس كلّفن - وحقق اكتشافاتٍ مهمّةً في مجالي الكهرباء والمغناطيسية. حظي بتكريم الملكة فيكتوريا فأصبح لقبه اللورد كلّفن.



السهم الناري، قبل إطلاقه، يحوي كمّيّة كبيرة من الطاقة الكيميائية، لكن لا طاقة وضع. عند إشعال السهم الناري يتعبث منه نفق من الغازات الحارّة إلى أسفل ممّا يدفعه بقوة زوّ الفقل، إلى أعلى.

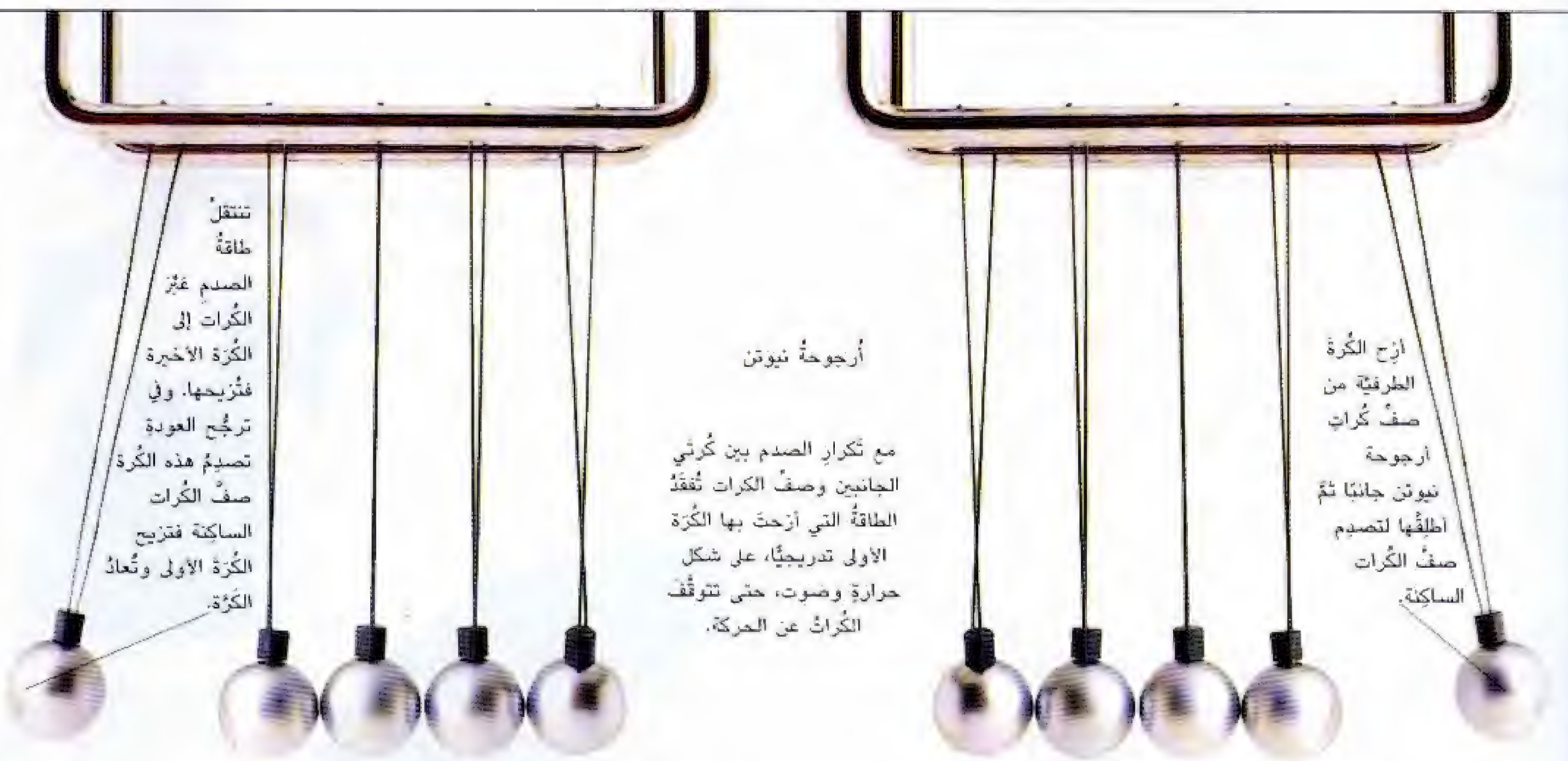
السهم الناري المنطلق إلى أعلى فيه، إلى جانب طاقتي الحركة والوضع، طاقة كيميائية. وكلّما ارتفع تزايد طاقته الكامنة، لكن ينخفض مخزونه من الطاقة الكيميائية باحتراق الوقود فيه.

## طاقة المتفجرات

المتفجرات مخزونات عالية القدرة من الطاقة الكيميائية. وهي لا تحوي بالضرورة طاقة أكثر من غيرها من المواد لكنّها تتميز بقدرتها على إطلاق هذه الطاقة بسرعة فائقة. الأسهم النارية تحوي متفجرات؛ فعندما يُشعل الصاروخ منها، يرتفع في الجوّ ثم يتفجّر في عرض بهيج الألوان. فالطاقة الكيميائية في المواد المتفجرة تحوّلت إلى طاقة حركية وحرارية وضوئية.







تنتقل  
طاقة  
الصدم غير  
الكرات إلى  
الكرة الأخيرة  
فتزججها. وفي  
ترجج العودة  
تصدم هذه الكرة  
صف الكرات  
السائكة فتزجج  
الكرة الأولى وتعاك  
الكرة.

#### أرجوحة نيوتن

مع تكرار الصدم بين كرتي  
الجانبين وصف الكرات تُفقد  
الطاقة التي أُرحت بها الكرة  
الأولى تدريجيًا، على شكل  
حرارة وضوت، حتى تتوقف  
الكرات عن الحركة.

أرجوحة  
الطرفية من  
صف كرات  
أرجوحة  
نيوتن جانبًا ثم  
أطلقها لتصدم  
صف الكرات  
السائكة.

#### بقاء الطاقة

من المبادئ الفيزيائية الأساسية أن الطاقة لا تُخلق ولا تُفنى، إنما هي تتحول (أو تُحول) من شكل إلى آخر. وخلال عملية التحول هذه يتبدد بعض الطاقة كحرارة - بحيث يبقى مجمل الطاقة الناتج (مع الحرارة المبددة) مساويًا للطاقة المحولة (أو المتحولة). وينمثل هذا المبدأ في أرجوحة نيوتن حيث يضع بعض الطاقة، كضوت وحرارة، تدريجيًا، بينما تستمر كرات الجانبين بالترجج المتناقص والصدم لفترة حتى تتوقف عن الحركة.

#### الطاقة المفيدة

يُبدد القطار البخاري بعض الطاقة الحرارية غير  
مُتحتة ومن العسير استخدام هذه الطاقة  
لتشغيل شيء آخر. فالحرارة المبددة  
طاقة عديمة الجدوى وخفيضة  
النوعية. بالمقارنة فإن الطاقة  
الكهربائية طاقة مُجديّة وعالية  
النوعية. والمعروف أنه كلما يتغير  
شكل الطاقة فإن بعض الطاقة العالية  
النوعية يُضيع. وهذا يعني أن كمية الطاقة  
المُجديّة في الكون هي دومًا في انخفاض.



البطاريات الجافة، كذلك المستخدمة

في مصباح الجيب، تبدد  
١٠ بالمئة فقط من  
محتواها الطاقي.



#### كفاية (مردود) الطاقة

عندما نستخدم شكلًا من أشكال الطاقة للقيام بشغل  
ما، يتبدد جزء من الطاقة دائمًا على شكل حرارة  
غالبًا. فصمجة الثور مثلاً لا تحول من الطاقة التي  
تستهلكها إلى طاقة ضوئية إلا قرابة ٥ بالمئة فقط،  
والباقي يتحول إلى طاقة حرارية مهدورة. لذا نقول إن  
كفاية الصمجة هي ٥ بالمئة. والواقع، أنه لا يمكن  
لأي تحول طاقة أن تكون كفايته ١٠٠ بالمئة.

صمجة المصباح الكهربائي  
تبدد ٩٥ بالمئة من الطاقة  
التي تستهلكها.

#### الحركة الدائمة

حاول الكثيرون على مر الزمن تصميم  
مكنات تعمل باستمرار دون مصدر  
للطاقة - أي مكينات دائمة الحركة،  
وهو حلم يستحيل تحقيقه؛ فلا بد لأي  
مكنة حقيقية من مصدر طاقة دائم؛  
وليس هذا فقط، بل إن طاقة الدخول  
في أي مكنة هي دائمًا أكبر من طاقة  
خارجها.



عام ١٨٢٤ اقترح أحداهم تصميمًا  
لمكنة دائمة الحركة - على افتراض أن  
ثقل الكرات المتحركة على امتداد الأذرع  
سيبقى الدورات دائرًا باستمرار.

الفرن العادي يستهلك طاقة  
ثمينة لإحماء الكفت أو المقلاة.



فرن الأمواج الصغيرة  
(الميكروويف) لا تبدد طاقة في إحماء  
الطبق، فهو يُسخن الطعام فقط.



#### توفير الطاقة

يجب علينا المحافظة على مصادر الطاقة العالية  
النوعية، كالكهرباء والفحم والغاز الطبيعي  
والنفط، لأن مواردها محدودة. فاستخدام فرن  
الأمواج الصغيرة (الميكروويف) مثلاً، يوفر  
الطاقة لأنه يستهلك طاقة أقل من الفرن العادي  
في إنضاج الطعام؛ والمزج الجيد العزل  
الحراري يُدقأ بكمية وقود أقل؛ وصيانة المكنات  
جيدًا كفيلة بجعلها تعمل بكفاءتها القصوى.

#### لمزيد من المعلومات انظر

- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الحرارة ص ١٤٠
- الكهرباء والتيارية ص ١٤٨
- الرعد والبرق ص ٢٥٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨



# الحرارة

كَمْ دَرَجَةُ الحرارة اليوم؟ للإجابة عن هذا السؤال بِدَقَّة، يُلْزَمُكَ ترمومتر - أي ميزان حرارة لقياس ذلك. جميع الترمومترات مُدرجة بمقاييس تُستخدم نُقْطَتَيْن ثابتَتَيْن هما: دَرَجَةُ حرارة انصهار الجليد، ودرجة حرارة غليان الماء على ضغط جويّ عياريّ. هنالك ثلاثة مقاييس مُهمّة لدرجة الحرارة هي: مقياس سيلسيوس ومقياس فرنهيت والمقياس المُطلق أو مقياس كلفن. فدرجة انصهار الجليد على مقياس سيلسيوس هي صفر° س، ودرجة غليان الماء ١٠٠° س. على مقياس فرنهيت، درجة انصهار الجليد هي ٣٢° ف ودرجة غليان الماء ٢١٢° ف. أمّا مقياس كلفن فيبدأ من أدنى درجة حرارة مُمكنة نظريًا، وهي درجة الصفر المُطلق؛ والدرجة فيه مُساوية قَدْرًا للدرجة في مقياس سيلسيوس.



## الترمومترات الطبيعية

أزهار الزعفران ترمومترات طبيعية تفتّح وتتغلّق عند ارتفاع درجة الحرارة وانخفاضها. وهي دقيقة للغاية، إذ تتأثر بفروق ضئيلة في درجة الحرارة تبلغ ٠,٥° س.

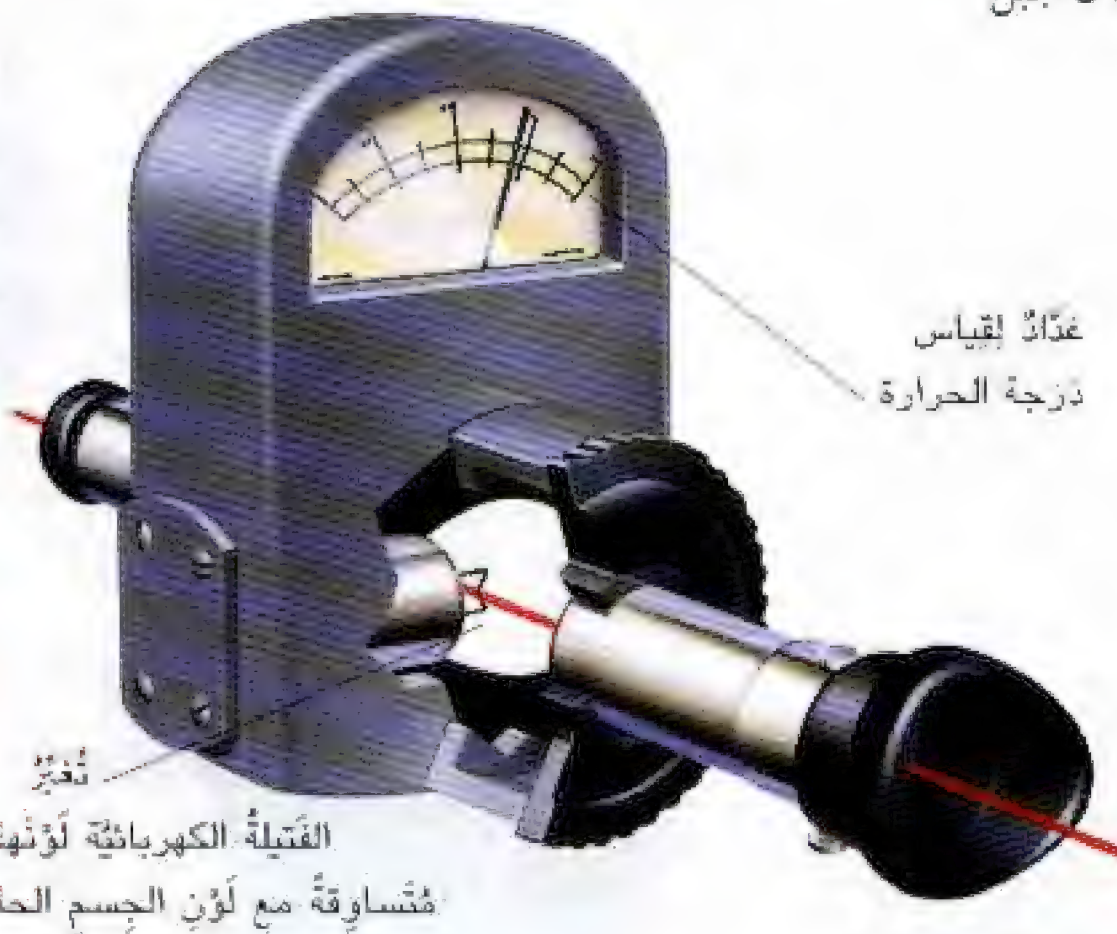


## الحرارة ودرجة الحرارة

هناك فرق بين الحرارة ودرجة الحرارة. فدرجة الحرارة هي مقياس لِسُرعة تحريك جزيئات الجسم. أمّا الحرارة فهي طاقة الجسم المُكتسبة من تحرك جزيئاته. هناك كميّة من الحرارة في جبل جليديّ، مثلاً، أكثر بكثير ممّا في كوب ماء حارّ، بالرغم من درجة حرارته العالية؛ لأنّ جبل الجليد، رغم أنّه أبرّد، فهو أكبر بكثير.

## الصخور المنصهرة

الغالبية المُنْبَقعة من البراكين هي صخور منصهرة درجة حرارتها تُقارب ٦٠٠° س. الصورة أعلاه لبراكين في جزيرة هاواي بالمحيط الهادئ.



## قياس درجات الحرارة العالية

يُستخدم الترمومتر في قياس درجات الحرارة العالية جدًا كدرجة حرارة اللابة المنبثقة من البراكين، أو درجة الحرارة داخل فرن صناعة الزجاج. ترمومتر لفظة يونانية تعني «قياس النار». تتوهج الأشياء بألوان مختلفة حسب درجة حرارتها. ويحوي الترمومتر فتيلة كهربائية يسخنها تيار كهربائي حتى يتساوى لونها مع لون الجسم المتوهج. ثم تُقاس درجة الحرارة بقياس هذا التيار.

## ترمومتر الكبس

تترتب جزيئات البلورات السائلة في صفوف منتظمة كما في البلورات الجامدة لكنها تتساق كالسائل. بعض هذه البلورات يتغيّر لونها تبعًا لدرجة الحرارة، فيستخدم في ترمومترات شريطية لأخذ درجة حرارة الأولاد والأطفال. فالحرارة تُعيد ترتيب الجزيئات مُبَسِّرةً بذلك مرور الضوء عبر السائل فتتوهج بلون مختلف تبعًا لدرجة حرارة الولد.

## غبريال فرنهيت وأندرز سيلسيوس

غبريال دانيال فرنهيت (١٦٨٦-١٧٣٦) اخترع الترمومتر المعروف باسمه. وهو فيزيائي ألماني استقر في أمستردام بهولندا، وأمتحن صناعة الآلات. أمّا



أندرز سيلسيوس

أندرز سيلسيوس (١٧٠١-١٧٤٤) فقد اخترع المقياس المعروف باسمه، والمُتميّز بالمدى المنوي التدرج لقياس الفرق بين نُقْطَتَي تجمّد الماء وغليانه. كان سيلسيوس أستاذًا لعلم الفلك في أوسلا بأسوج؛ وكان الشفق الشمالي (الأضواء القطبية الشمالية) موضوعه المُفضّل.



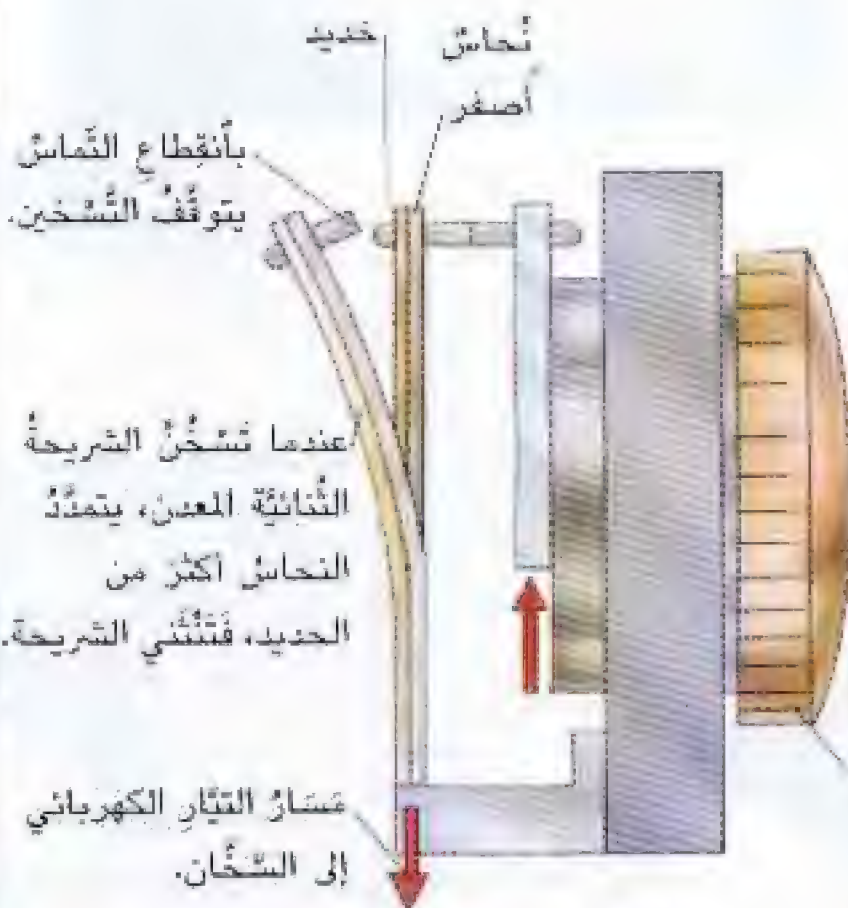
## تأثيرات الحرارة

تمدد معظم المواد بالتسخين وتقلص عندما تبرد. فالجسر الفولاذي الذي طوله ١٤٠٠ م في الشتاء يزداد طوله بحوالي نصف متر في الصيف. عندما تسخن المادة نكتسب طاقة تجعل جزيئاتها تتحرك بسرعة أكبر وأبعد، فتسغل المادة حيناً أكبر. وعند تغيير درجة الحرارة بما فيه الكفاية، تتحول المادة من حالة إلى حالة أخرى. فإذا سخّن جامد إلى درجة حرارة انصهاره، فإنه يتسائل؛ وإذا سخّن سائل إلى درجة حرارة عالية بما فيه الكفاية فإنه يغلي ويتحول إلى غاز أو بخار.



### تمدد الغازات

تمدد الغازات حوالي ١٠٠٠ مرة أكثر من الجوامد و ١٠ إلى ١٠٠ مرة أكثر من السوائل. فإذا تضاعفت درجة حرارة الغاز المطلقة، يتضاعف حجمه. القنبية أعلاه مُلئت إلى نصفها بالماء البارد وسُدت بإحكام، ثم سُخّنت بين راحتي الكفين؛ فتمدد الهواء في داخلها دافعاً الماء صعوداً في الأنبوب.



### تمدد متباين

تمدد الفلزات بمعدلات مختلفة، وتستخدم هذه الظاهرة في تشغيل الترموستات التي تُثبت درجة الحرارة. يحوي الترموستات شريحة ثنائية المعدن - غالباً من النحاس الأصفر والحديد. في ترموستات التدفئة، تشني الشريحة بالاحماء، فتقطع التماس الكهربائي عندما تبلغ درجة حرارة الغرفة الدرجة المطلوبة.

لمزيد من المعلومات انظر
تغيرات الحالة ص ٢٠
النظرية الحركية ص ٥٠
سلوك الغازات ص ٥١
الألوان ص ٢٠٢
البراكين ص ٢١٦
حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

لا ترتفع درجة حرارة الماء أثناء الغليان بالرغم من متابعة التسخين.



### الحرارة الكامنة

يمتص السائل

المتحول إلى بخار

كمية من الحرارة

دون أن ترتفع درجة حرارته.

هذه الطاقة الحرارية تُستخدم

في تحويل السائل إلى بخار وتختزن

فيه وتعرف بالحرارة الكامنة. وعندما يتكثف البخار

إلى سائل، تُطلق الحرارة الكامنة، فتسخن الوسط

المكتنف. كذلك تمتص الحرارة الكامنة أيضاً عندما

يلتصهر الجامد، وتُطلق عندما يتجمد السائل.

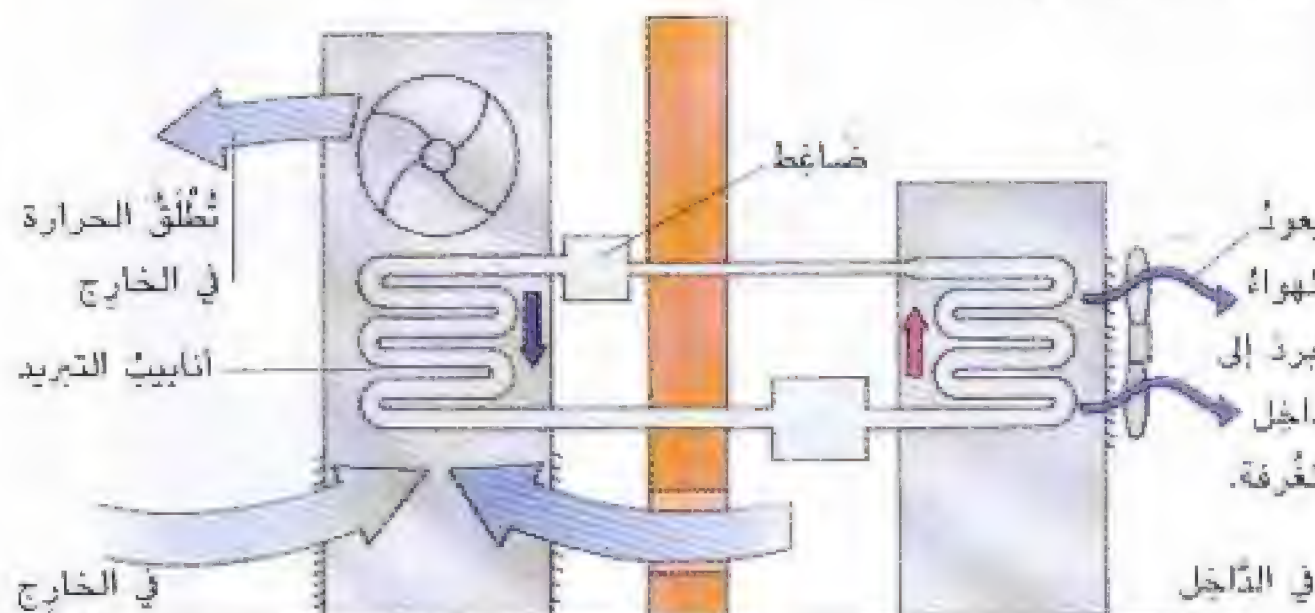


### مقياس التمدد

تسخن الشموع جانباً من السلك التسخين فيتمدد - دافعاً إبرة الحياة على محورها، والإبرة بدورها تحرك المؤشر على المقياس المدرج.

## مكيف الهواء

مكيف الهواء يبرد بفعل التبخر؛ فيسمح للسائل المبرد بالتبخر متحولاً إلى غاز داخل أنابيب التبريد. ويمتص المبرد حرارة تبخره من الهواء الذي نسيجه المزووجة من الغرفة ليعاد أبرد إليها - في حين يُضغَط غاز المبرد في ضاغط خارج المبنى حتى يتسائل ثانية، مُطلقاً الحرارة التي امتصها من الهواء داخل الغرفة.



### تخفيف الألم

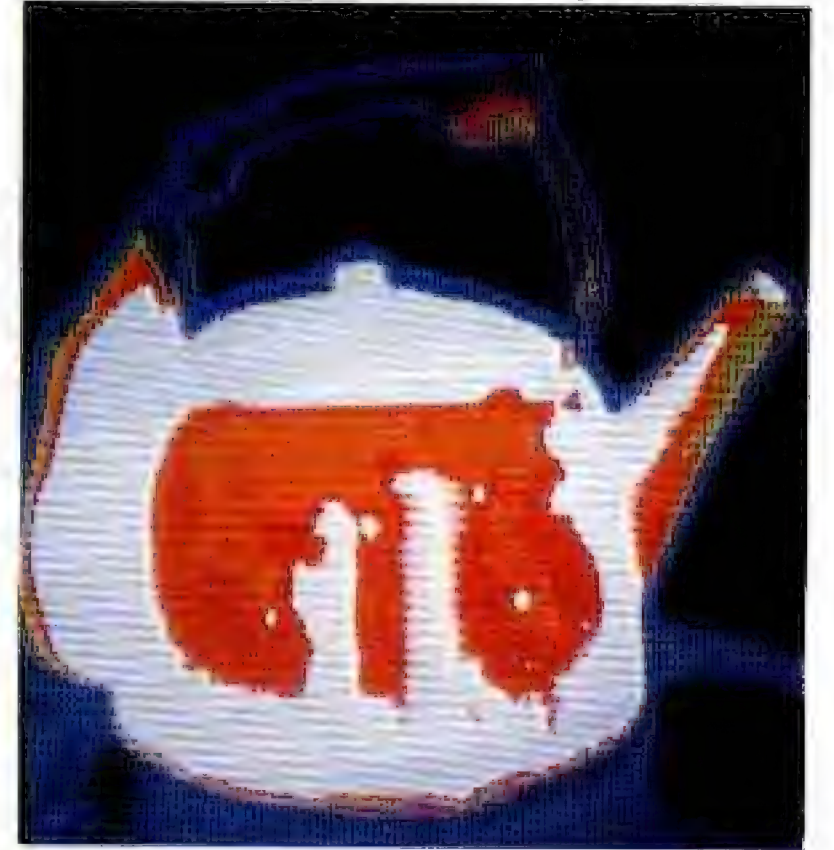
يعالج هذا الرياضي برذاذ، مُلقف للألم، من مادة سريعة التبخر. وتمتص الحرارة الكامنة اللازمة للتبخر من يد الرياضي فتبرّد، ويخفّ الألم. وبالطريقة نفسها يبرّد الترقق لأن تبخر العرق يمتص الحرارة من جسيمك.



# انتقال الحرارة



إذا كنتَ على مَقَرِّيةٍ من نارٍ أو مدفأة، تسري الحرارةُ إلى جسدك من الوَسَطِ المحيط. أمّا إذا كنتَ خارجَ البيت في يومٍ قارسٍ، فالحرارةُ تنبعثُ من جسدك إلى الهواءِ حَواليك. تتنقّل الحرارةُ دائماً من الجِسمِ الحارِّ إلى الجِسمِ البارد، أو من الجُزءِ الساخن من جِسمٍ إلى جُزئه البارد. والحرارةُ تنتقلُ بطَرِيقِ ثلاث هي: الحَمْلُ (الحراري) والتَّوصيلُ والإشعاع. فالحَمْلُ هو انتقال الحرارة بتيّارات الحَمْلِ صُعداً في السَّوائل والغازات، لأنَّ الجُزيئات التي تسخنُ تقلُّ كثافتُها فترتفعُ لِتحلَّ محلَّها جُزيئاتٌ أثقلُ منها. أمّا التوصيلُ فهو انتقال الحرارة في الجوامدِ بعيداً عن مَصدرِها. فعندما يسخنُ جُزءٌ من الجامدِ، تشتدُّ ذبذبةُ جُزيئاته، فتصطدمُ بالجُزيئات المجاورة وتنتقلُ إليها طاقتها. الإشعاعُ هو طريقةُ انتقالِ الحرارة عَبرَ الفراغِ بأَمواجٍ كهَرَمَغْنِطِيَّيةٍ؛ وبواسطته تصلُ حرارةُ الشَّمْسِ إلى الأرض.



## الإشعاع

جميعُ الأجسامِ تبعثُ إشعاعاتٍ حراريّةً تزدادُ بازديادِ درجة حرارة الجسم. وتسري هذه الإشعاعاتُ، وتعرّفُ بالإشعاعِ دون الحمراء، بسرعة الضوء، لكنَّ طولها الموجي أكبر. وهي، كما الضوء، تنعكسُ عن السطوح الصليقة وتمتصّها السطوح الداكنة. وهذه الإشعاعاتُ لا تُرى، لكنَّ بعضَ الكاميرات تستطيعُ التقاطَ صُورِها على أفلام خاصة تُدعى الصُور الفوتوغرافية الحرارية. وتُشتَبان شِدَّةُ الحرارة المُشعَّة من تباين ألوان الصورة - أشدها وأسخنها يبدو باللون الأبيض.

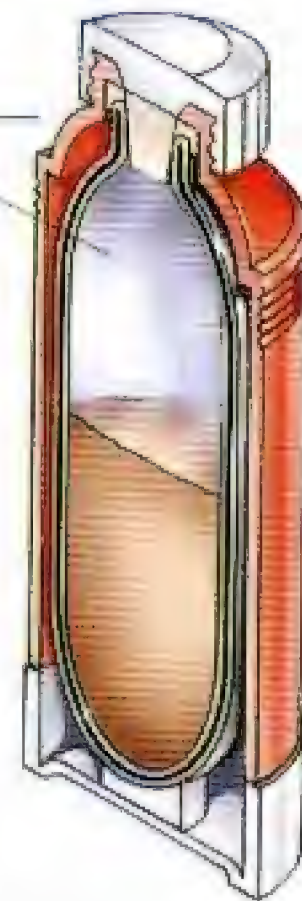
## الحمل (التصعد الحراري)

عندما تُسخنُ اليابسة، تُسخنُ الهواء فوق سطحها ويرتفع الهواء الساخن لأنّه يتمدّد ويصبح أقلُّ كثافة، فيُهَيِّطُ الهواء البارد ليحلَّ محله. وهكذا تتكوّنُ تياراتٌ مُستمرةٌ من الهواء الصاعد والهابط تُدعى تيارات الحمل (التصعد) الحراري. وتُستخدَمُ الطائرات النشائية والطبّور هذه التيارات الحرارية الصاعدة لترفعها عاليًا في الهواء.



## التلاؤم المناخي

أشكالُ وألوانُ الكثير من الحيوانات ثلاثُ مِئاتِها المناخيّة. فثعلبُ الفنك (السُسمي كلب الصحاري في شمال إفريقيا وسيناء)، مثلاً، لا تمتصُ فروته الصفراء الناصلة اللون كثيراً من الإشعاع الحراري أثناء النهار؛ كما تعملُ أذناه الكبيرتان على نقل الحرارة إلى الهواء بالحَمْل. وأثناء بَرْدِ الليل الصحراوي تحبِسُ فروة الفنك من الهواء ما يكفي لمنع فقدان الكثير من حرارة جسمه بالتوصيل.



## الكظيمة (القارورة الخوائية)

اخترع الكظيمة العالم الأسكتلندي، جيمس ديوار (١٨٤٢-١٩٢٣). وهي تحفظ الشراب الساخن ساخنًا، والبارد باردًا، لأنّها تمنع انتقال الحرارة. تتألّف الكظيمة من قارورة زجاجيّة مزدوجة الجدران، والفراغ بين الجدران يمنع التوصيل والحَمْل. والجدران المفضضة الداخِل تمنع الإشعاع، والسداد اللدائني أو الفلينّي عازل جيّد للحرارة.

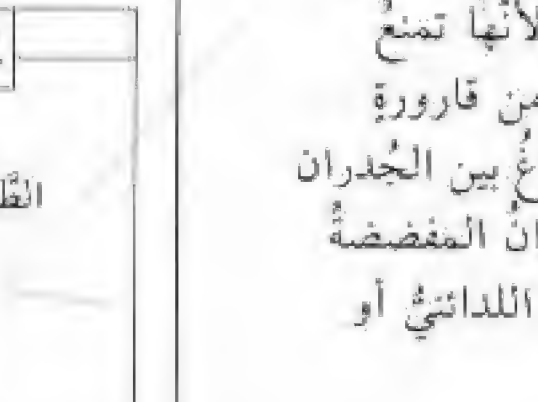
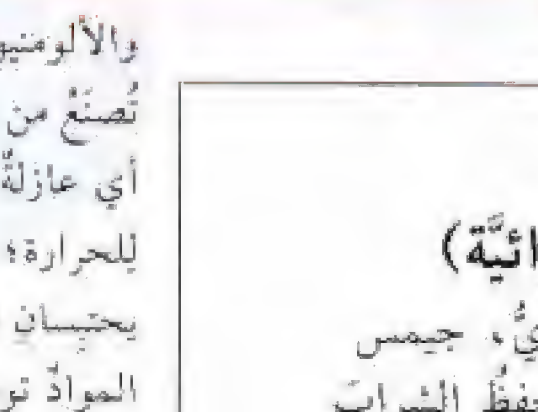


## التوصيل

تختلف موصليّة المواد للحرارة باختلاف طبيعتها. الفلزّات هي أفضلُ الموصّلات. لذا تصنع القدور من الفلزّات، كالنحاس



اللدائن - موصّلات رديئة للحرارة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الحرارة ص ١٤٠
- القليف الكهَرَمَغْنِطِيّ ص ١٩٢
- الرياح ص ٢٥٤
- تكوّن السحب ص ٢٦٢
- الصّخاري ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

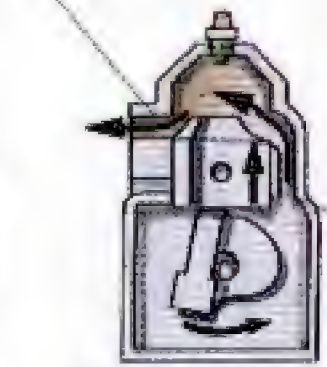


# المحركات

الصَّارُوخُ أقوى المحركات؛ فهو يستطيع رَفْعَ عربة فضائية ثقيلة عن الأرض وإطلاقها إلى الفضاء. الطائرات والسيارات والسفن والدراجات النارية ومكينات كثيرة أخرى تُسير بمحركات البنزين أو بمحركات الديزل. وبدون هذه المحركات كُنَّا نَظُلُّ نعتمد على قِوَانَا الذاتية أو على قُوى الحيوانات في النُّقل والصَّناعة. المحركات تحوِّل طاقة الوَقُود إلى حَرَكَةٍ بفعل تمدُّد الغاز الساخن؛ فيَحْرِقُ الوَقُودُ لإحماء الغاز ويُسَخَّرُ تمدُّد الغاز في تدوير المكينات. بعض المحركات مَجْهَـزٌ بمكابس تتحرَّك جَيِّئَةً وذهابًا داخل أسطوانات، وتعرَّف هذه بالمحركات التردُّدية؛ وبعض المحركات عديم المكابس.



فُتْحَةُ الانْفِلَاتِ (العَائِمِ)



فُتْحَةُ الانْتِقَالِ



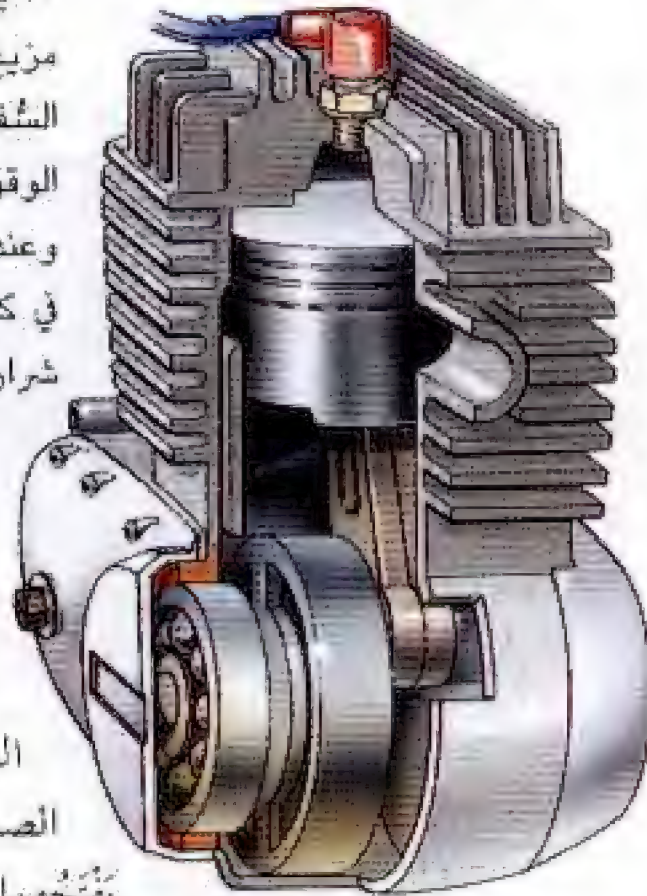
أَسْطُوَانَةُ

مَكْبَسٌ



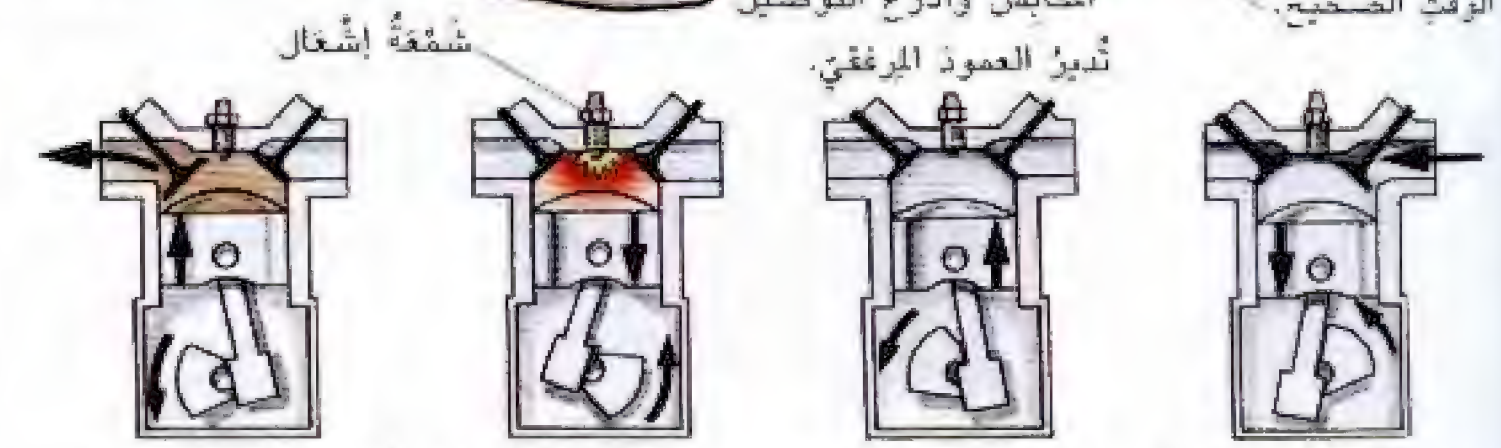
٢. يَهْبِطُ المَكْبَسُ، دَافِعًا وَقُودًا جَدِيدًا إِلَى دَاخِلِ الأَسْطُوَانَةِ عِزْرَ فُتْحَةِ الانْتِقَالِ. ثُمَّ يَدْفَعُ الوَقُودَ المُشْتَهَكُ إِلَى الخَارِجِ عِزْرَ فُتْحَةِ الانْفِلَاتِ.

١. يَصْعَدُ المَكْبَسُ، سَافِطًا مَزِيْجَ الوَقُودِ إِلَى الْقِسْمِ السُّفْلِيِّ مِنَ المَحْرَكِ وَضَاطِعًا الوَقُودَ الْمَتَوَاجِدَ فِي الأَسْطُوَانَةِ. وَعِنْدَمَا يَكُونُ المَزِيْجُ الوَقُودِيُّ فِي كَامِلِ انْضِغَاطِهِ، تَفْجُرُهُ شَرَارَةٌ مِنْ شَبْعَةِ الإِشْعَالِ.



## المُحْرَكُ الثَّانِي الشَّوْطِ

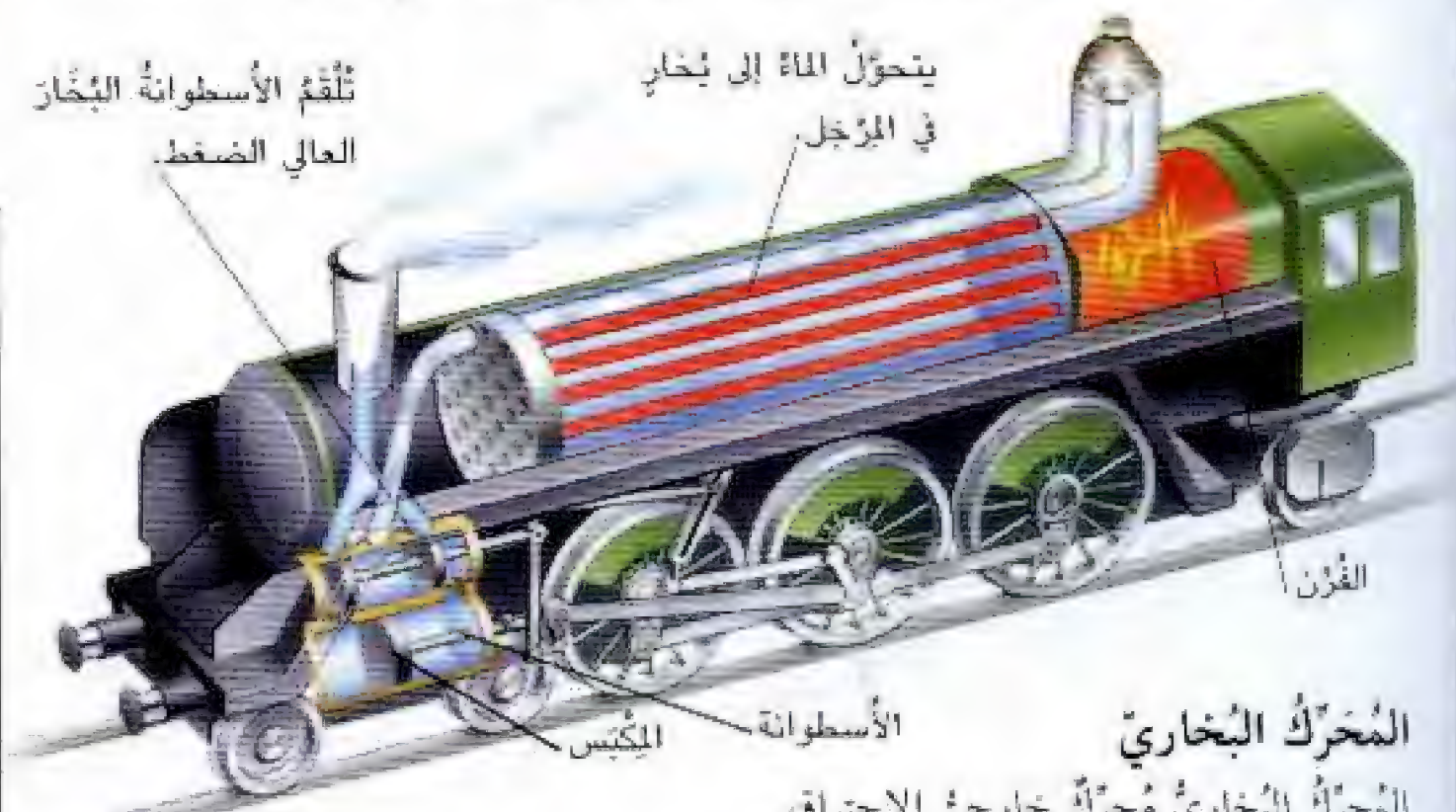
مُحْرَكَاتُ الدَّرَاجَاتِ الثَّانِيَّةِ الشَّوْطِ صَغِيرَةٌ وَقَوِيَّةٌ، لَكِنْ كَثِيرَةٌ الضَّجِيجِ. وَهِيَ عَدِيمَةُ الصَّامَاتِ إِذْ بَدَلُ الصَّامَاتَيْنِ هُنَاكَ فُتْحَتَانِ فِي جِدَارِ الأَسْطُوَانَةِ يَفْتَحُهُمَا وَيُغْلِقُهُمَا تَعَاقِبِيًّا تَحْرُكُ المَكْبَسِ.



١. شَوْطُ السَّحْبِ - يَهْبِطُ ٢. شَوْطُ الانْضِغَاطِ - ٣. شَوْطُ القُدْرَةِ - تُشْعَلُ ٤. شَوْطُ الانْفِلَاتِ - المَكْبَسُ سَافِطًا مَزِيْجَ الوَقُودِ وَالهَوَاءِ عِزْرَ الصَّامَاتِ الْإِدْخَالِ الْمَفْتُوحِ. يَصْعَدُ المَكْبَسُ ضَاطِعًا المَزِيْجَ الوَقُودِيَّ. كَلَّا الصَّامَاتَيْنِ مُغْلَقَتَيْنِ. قَدِيقُ الوَقُودِ الْمَتَفَجِّرُ المَكْبَسُ إِلَى اسْفَلٍ بِقُوَّةٍ. صَمَامُ الانْفِلَاتِ (العَائِمِ) الْمَفْتُوحِ.

## مُحْرَكُ الْإِخْرَاقِ الدَّاخِلِيِّ

يُدْعَى مُحْرَكُ السَّيَّارَةِ مُحْرَكًا دَاخِلِيًّا الْإِخْرَاقِ لِأَنَّ الوَقُودَ يَحْرِقُ دَاخِلَ أَسْطُوَانَةِ. وَمَعْظَمُ هَذِهِ المَحْرَكَاتِ رُبَاعِيَّةُ الْأَشْوَاطِ أَيْ يَتَنَبَّجُ قُدْرَتُهُ فِي أَرْبَعَةِ أَشْوَاطٍ لِلْمَكْبَسِ. وَيَتَرَاوَحُ عَدَدُ مَكَابِسِ المَحْرَكِ الْوَاحِدِ مَا بَيْنَ أَرْبَعَةٍ وَثَمَانِيَةِ، تَتَحَرَّكُ تَعَاقِبِيًّا لِتُنْتِجَ قُدْرَةُ خَرْجٍ مُتَوَاصِلَةٍ.



## المُحْرَكُ الْبُخَارِي

المُحْرَكُ الْبُخَارِيُّ مُحْرَكٌ خَارِجِي الْإِخْرَاقِ لِأَنَّ الوَقُودَ فِيهِ يَحْرِقُ فِي فُرْنٍ خَارِجِ الأَسْطُوَانَةِ. تَسْرِي الْغَازَاتُ الْحَامِيَّةُ النَّاتِجَةُ عَنْ احْتِرَاقِ الْفُحْمِ، غَيْرَ الْيُوزْجَلِ فَيَتَحَوَّلُ المَاءُ أَوَّلًا إِلَى بُخَارٍ ثُمَّ يُخْتَمَى الْبُخَارُ حَتَّى يَتَلَبَّغَ ضَغْطًا وَدَرَجَةً حَرَارَةٍ عَالِيَتَيْنِ قَبْلَ غُذْيِ الأَسْطُوَانَةِ بِهِ حَيْثُ يَتَمَدَّدُ دَافِعًا المَكْبَسَ بِتَمَدُّدِهِ. وَفِي الْقَاطِرَةِ تَتَنَبَّلُ حَرَكَةُ المَكْبَسِ بِوَاسِطَةِ مَجْمُوعَةٍ مِنَ الْأَذْرُعِ إِلَى الدَوَالِيَّ.



## جورج سْتِيفِنْسُون

الْقَاطِرَةُ الْبُخَارِيَّةُ النَّاجِحَةُ الْأُولَى كَانَتْ مِنْ صُنْعِ المِهْنَدِسِ الْبَرِيطَانِيِّ جُورْجِ سْتِيفِنْسُونِ (١٧٨١-١٨٤٨). بَدَأَ سْتِيفِنْسُونُ حَيَاتَهُ الْعَمَلِيَّةَ كَخَبِيرٍ لِحَبَابَةِ المَحْرَكَاتِ وَالْمِصْنُوعَاتِ فِي الْمَنَاجِمِ قُرْبَ نِيوكَاسِلِ بِإِنْكَلْتَرَا. وَفِي الْعَامِ ١٨٢٥، أَسَّسَ مَصْنَعًا لِلْقَاطِرَاتِ حَيْثُ صَنَّمُ وَبَنَى أَوَّلَ قَاطِرَةٍ اسْتَطَاعَتْ جَرَّ قِطَارٍ لِلرُّكَّابِ عَلَى أَوَّلِ سِكَّةٍ حَدِيدٍ عَامَّةٍ فِي الْعَالَمِ بَيْنَ دَارْلِنْجْتُونِ وَسْتُوكِنِ. أَمَّا أَشْهُرُ قَاطِرَاتِهِ الْمُسَمَّاةُ «الصَّارُوخُ»، فَقَدْ فَازَتْ فِي مُبَارَاةٍ عَامَ ١٨٢٩ حَيْثُ بَلَغَتْ سُرْعَتُهَا ٤٦ كَم/سَاءً، وَاسْتُخْدِمَتْ بَعْدَئِذٍ عَلَى الْخَطِّ الْحَدِيدِيِّ بَيْنَ لِيْفَرْدُولِ وَمَانِشِسْتَرِ.



## نظور المحركات

١٧١٢ صنع توماس نيوكومين أول محرك بخاري يستخدم أسطوانة ومكبس.

١٧٦٥ صنع جيمس واط محركًا بخاريًا أقوى من محرك نيوكومين بست مرات.

١٨٠٠ صنع ريتشارد تريفيثيك أول محرك بخاري عالي الضغط.

١٨٦٠ صنع إتيان ليونارد أول محرك داخلي الاحتراق، مستخدمًا مزيجًا من غاز الفحم والهواء كوقود.

١٨٧٧ طور نيكولاوس أوتو المحرك الرباعي الأشواط.

١٨٨٣ صنع غوتليب ديملر أول محرك بنزيني.

١٨٨٤ صنع تشارلز پارسونز أول توربين بخاري لتوليد الكهرباء.

١٩٢٦ أطلق روبرت غودارد أول صاروخ بوقود دسر سائل.

١٩٣٠ سجل فرانك هويل براءة اختراع المحرك النفاث.

تسقط

المروحة

المُدوَمَةُ الهواء

إلى الدّاخل.

بعض الهواء

يُمرُّ مُجانبًا

الجزء الرئيسي

للمحرك.

## المحرك النفاث

مُعظَم الطائرات الحديثة العالية السرعة مُجهَّز

بمحركات نفاثة. في المحرك النفاث، تُسقط المرواح المُدوَمَةُ في

مقدمة المحرك الهواء إلى داخله - حيث تُضغَطه مرواح أخرى دافعة إياه، على

ضغط عالٍ، إلى حجرة الاحتراق. وهنا يحترق الهواء بالوقود السائل المُلتَهَب، فيتمدّد

ويندفع نحو مؤخر المحرك؛ ويندفعه العنيفة إلى الخارج، يُدوَمُ تريبينًا يُدير المرواح

في المُقدِّمة. في المحرك المروحي التريبيني، المُبَيَّن أعلاه، يسري بعض الهواء عبر

مَسْرَبٍ حَوْلَ الجزء الرئيسي للمحرك، مُعزِّزًا كمّيات الهواء المُندَفَقِ مِمَّا يُكسِبُ المحرك

دفعًا إضافيًا.

## الدفع النفاث

هذه السيارة الدفعية تستخدم النفاث لتتطوّل بسرعة فوق أرضية

الغرفة. فعند فتح صمام خاص، يندفع

الهواء إلى الوراء عبر رقية البالون

المربوط بالسيارة والمُعَبَّأ بالهواء،

دافعًا السيارة إلى الأمام.



تُثَبِّت أرياشٌ مُستَقَرَّةٌ في الجدار الداخلي  
لتوجيه البخار بدقّة نحو أرياش كلِّ دَوَلابٍ  
بالزاوية الصحيحة.

تُحوّل  
البخار

يندفع الصّاروخُ قُدماً كدفع  
فعلّ لانبثاق الغازات  
المندفعَة خلفًا.

وقوّة  
سائل

مُؤكِّسَة

## الصّاروخ

الصّاروخُ أبسط أنواع

المُحرّكات، فهو يحرق

الوقود في حجرة احتراق

مُنتِجًا غازات ساخنة تتمدّد

مُندَفِعةً إلى الخارج عبر مُنقِبٍ

في أسفلهِ، فتدسّره بقوة ردّ الفعل

صُعْدًا بسرعة كبيرة. تُطلَق بعض

السفن الفضائية باستخدام صواريخ

مُعزِّزة، تعمل بالوقود الجامد، شبيهة

بالأسهم النارية العملاقة. وتُستخدم صواريخ

أخرى وقودًا سائلًا، كالكيروسين، يُحرق مع

سائل آخر يُدعى المُؤكِّسد. مكوّن الفضاء ذو

ثلاثة مُحركات صاروخية تعمل بالوقود السائل،

وتُحرق مُجمِعة ٩٨ طنًا من الوقود في الدقيقة.

الأرياش المركزيّة،

حيث ضغط البخار

الأعلى، أصغر من

الأرياش الطرفيّة.

صِفَامَات

حجرة الاحتراق

## التربين البخاري

التربين في أبسط أشكاله دَوَلابٌ ذو

أرياش مُركَّب على محور، فيمكن إدارته

بالغاز أو البخار أو الماء. تُستخدم

التربينات البخارية في محطات القدرة؛

حيث يندفع البخار العالي الضغط

بمواجهة الأرياش ليدير التربين المُتّصل

بالمُؤلّد الكهربائي. والتربينات المتعددة

المراحل هي الأكثر كفاءة لأنها تُستفيد

تقريبًا كامل طاقة البخار.

غازات ساخنة

تزيد الضواغط المروحية ضغط الهواء

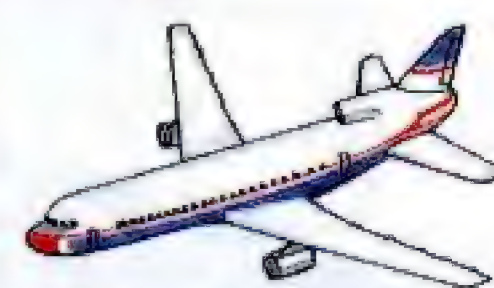
وتدفعه إلى حجرة الاحتراق

حجرة الاحتراق

الهواء الساخن وغازات

العاث تدفق إلى الخارج

فوق التربين.



## فرانك هويل

المهندس وطيار

الاختبار الإنكليزي

فرانك هويل

(المولود عام ١٩٠٧)

اختراع المحرك النفاث عام

١٩٢٩. وقد حاول عبثًا إقناع

وزارة الطيران البريطانية بفاعلية محركه؛ فما

كان منه إلا أن أسس شركته الخاصة لتصنيع

المحرك الجديد. وبالفعل تمّ له صنع أول

محرك نفاث واختباره على الأرض سنة ١٩٣٧.

وفي العام ١٩٤١، حققت طائرة اختبارية أول

طيران لها بمحرك هويل.

## لمزيد من المعلومات انظر

سلوك الغازات ص ٥١

القوى والحركة ص ١٢٠

الشغل والطاقة ص ١٣٢

مصادر الطاقة ص ١٣٤

المحركات الكهربائية ص ١٥٨

الصواريخ ص ٢٩٩



# الكهرباء والمغناطيسية



الكهرباء، تراقفها المغناطيسية غالباً، أصبحت ضرورة يومية في مختلف مجالات العمل والحياة حولنا؛ وهي في الواقع غيرت نمط حياتنا بالكامل. المولدات تولد الكهرباء من حركة ملفاتها في مجال مغناطيسي، فتوفر لنا الحرارة والنور بضغط زر. والمحركات الكهربائية تحول التأثيرات الكهربائية في مجالات مغناطيسية إلى حركة تدير لنا المكنات من مثاقب وغسالات وآلات مختلفة بجهد قليل منا. والإلكترونيات بمقوماتها التحكمية تيسر لنا استخدام الكهرباء والمغناطيسية (الكهرمغناطيسية) بأشكال متعددة في تقنيات الراديو والرادار والحواسيب

## الإلكترونيات في العناية الفائقة

المرضى الذين يعانون من عِلَل خطيرة يحتاجون غالباً إلى مراقبة مستمرة في المستشفى. وبدلاً من مُرضات يلازم أسرة هؤلاء، تُستخدم المعدات الإلكترونية لمراقبة أوضاعهم، فإذا حدث تبدل خطير في معدل تنفس المريض أو خفقان قلبه، تنطلق تلك الأجهزة تديراً لاستدعاء الممرضات والأطباء لمعالجة ذلك.

## طاقة متعددة الاستعمالات

تولد الكهرباء وتُقل بسهولة إلى حيث يُحتاج إليها، لتُحوّل إلى أشكال أخرى من الطاقة، ففي مكتب مثلاً، تُحوّل المروحة الكهربائية إلى حركة، كما تُحوّل صمجة المصباح الكهربائي إلى ضوء. ويُحوّل جهاز التلفون الكهربائي إلى أصوات، كما يُحوّل أيضاً الأصوات إلى كهرباء. أما الحاسوب فيُحوّل المورد المطرد من الكهرباء إلى نبضات تُنفذ وظائفه.

تلوّث الضففاك  
الكهربائية منذ  
استخدمت أول مرة  
أواخر القرن التاسع  
عشر، فأصبحت اليوم  
أكثر مؤثقة وكفاية.

تُساهم الكهرباء في  
توفير وسائل الراحة  
في محيطنا، فالحرك  
في مروح كهربائية يُدوّم  
أرياشها لتبتعت  
تياراً هوائياً  
وتجدد الهواء.

## حجر المغناطيس

حجر المغناطيس معدن طبيعي المغنطة؛ وهو شكل من خام الحديد المعروف بالمغنتيت (أكسيد الحديد المغناطيسي). تتمتع برادة الحديد بالقرب من حجر المغناطيس فتجذب إليه وتلتصق به. وقد استخدم بعض الملاحين القدماء القطعة المشكّلة من هذا المعدن معلّقة من طرف خيط، كبوصلة.

## المغانط الحديثة

بعد تعرّف الطبيعة المغناطيسية، صار من الممكن صنع مغناط قويّ من الفولاذ بأشكال متنوعة. تُصنع أفضل المغانط من سبائك فولاذية مُصنّعة خصيصاً لحفظ مغناطيسيتها.



الذبابيس  
الفولاذية تتمغنط  
مؤقتاً بالمغناطيس  
فيلتقطها.



## الكهرباء قديماً

حوالي العام ٦٠٠ ق.م. اكتشف الفيلسوف الإغريقي طاليس أن حثّ قطعة من الكهرمان بقطعة قماش يجعل الریش والأجسام الخفيفة الأخرى تتجذب إليها وتلتصق بها. ونحن نعلم اليوم أن كهرمانه طاليس كانت قد شجنت كهربائياً بالاحتكاك. وجدير بالذكر أن كلمة «كهرباء» مُستقاة من الكلمة اليونانية إلكهترمان - وهي الإلكتروني.



## «الكهربيات» و«اللاكهربيات»

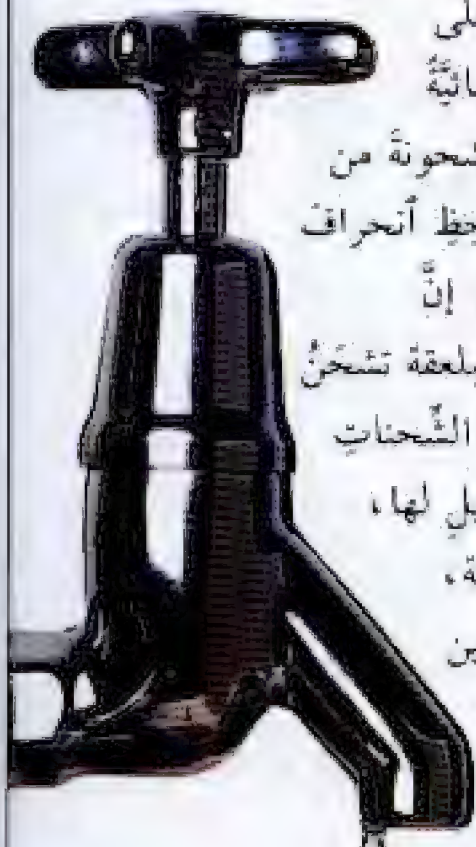
قام ولیم چلبرت (١٥٤٤-١٦٠٣) بأعمال بارزة في حقلي المغناطيسية والكهرباء؛ فقد بين أن الأرض لا بُد أن تكون مغناطيساً ضخماً كي تؤثر في توجيه البوصلات. كما أدرك الفرق بين الموصلات والعازلات الكهربائية وأسماهما «الكهربيات» و«اللاكهربيات».



# الكهربائية الساكنة

## الحث الإلكتروني (الكهروستاتي)

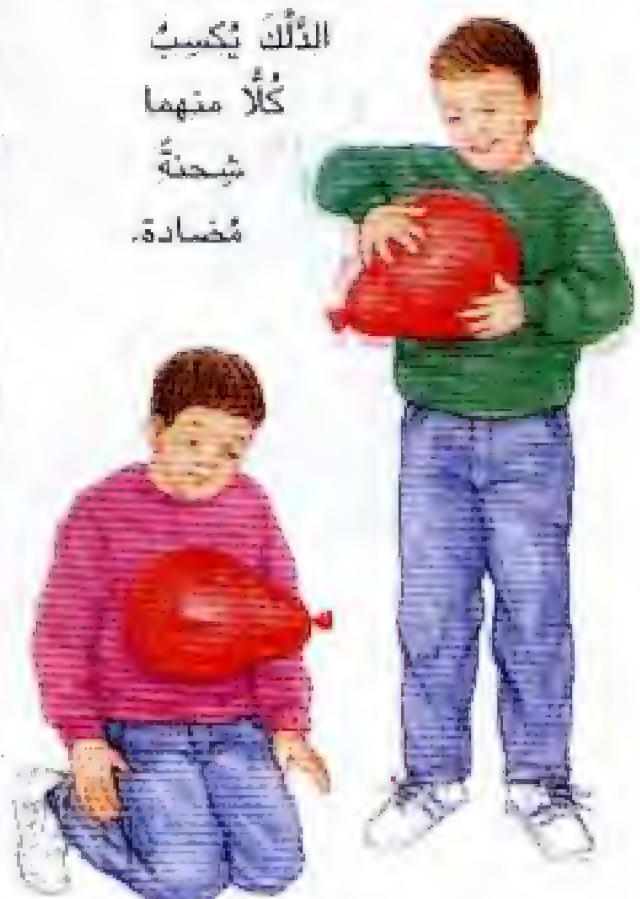
إذا دلكت ملعقة لدائنية على ثيابك فكيفها شحنة كهربائية سالبة. قُرب الملعقة المشحونة من مسال ماء الصنبور، ولا حظ انحراف مسال الماء نحو الملعقة! إن الشحنات السالبة على الملعقة تشحن مسال الماء بالتأثير مُنافرة الشحنات السالبة في الجانب المُقابل لها، جاعلة إياه مُوجب الشحنة، فينجذب نحوها - في حين يُصبح جانب المسال الأبعد سالب الشحنة. وتُدعى هذه الظاهرة الحث الإلكتروني.



الشحنات المتحشدة على الملعقة بذلك تشحن مسال الماء بالتأثير، فيجاذبان.

الفرقة التي تسميها أحياناً عندما تخلع كنزتك بسحبها عبر رأسك هي تفريغ كهربائي من الكهرباء الساكنة؛ وإذا كنت في ظلمة فقد يمكنك مشاهدة ومضات التفريغ أيضاً. الكهرباء الساكنة كهرباء احتكاكية غير سارية، والفرقات والمومضات هي تفريغ كهربائي فجائي الانطلاق. أحياناً تُحس بصدمة كهربائية عند لمس كُعبرة الباب لأن الكهرباء الساكنة المتراكمة في جسدك تنطلق فجأة من يدك إلى الكُعبرة. والبرق هو تفريغ كهربائي ضخّم بين سحابتين أو بين سحابة والأرض. والكهربائية الساكنة تتحشّد بالاحتكاك عند ذلك أو احتكاك مادتين مختلفتين معاً.

إذا دلكت بالوناً بكنزتك، فإنه يعمل إلى الالتصاق بها، لأن ذلك يُكسب كلا منهما شحنة مُضادة.



## الشحن بالاحتكاك

تتألف جميع الأجسام من ذرات، وتتألف كل ذرة من عددٍ مُماثل من الإلكترونات السالبة الشحنة والبروتونات الموجبة الشحنة. وهذه الشحنات يُوازَن بعضها بعضاً تماماً، مما يجعل الأجسام متعادلة (أي غير مشحونة). لكن بالاحتكاك، كذلك البالون بالكترة، تنقل الإلكترونات من الكترة إلى البالون، فيصبح البالون سالب الشحنة لأن الإلكترونات فيه صارت أكثر من البروتونات؛ كما تصبح الكترة موجبة الشحنة لأن البروتونات فيها أكثر من الإلكترونات.

شحن هذان البالونان بشحنات مُتعاكسة بذلك على الكترة.

الشحنات المتحشدة على الملعقة بذلك تشحن مسال الماء بالتأثير، فيجاذبان.

الشحنات المتحشدة على الملعقة بذلك تشحن مسال الماء بالتأثير، فيجاذبان.

الشحنات المتحشدة على الملعقة بذلك تشحن مسال الماء بالتأثير، فيجاذبان.

## التنافر

البالونان المشحونان والمعلقان جنباً إلى جنب، بطرفي تحيطين، من النقطة ذاتها يتنافران لأن كليهما سالب الشحنة. وهما إذا كانا مُتعاكسين يتدلّيان مُتلازمين واحدهما بالآخر.

١. ينجذب مسحوق التصوير إلى شحنات غير مرئية على الأسطوانة.

٢. تنتقل صورة المسحوق إلى الورقة المشحونة.

## الناسخة الضوئية

الكثير من الناسخات الضوئية يستخدم الكهرباء الساكنة، إذ تتكوّن صورة الأصل كشحنات موجبة غير مرئية على أسطوانة كبيرة داخل المكنة. هذه الشحنات تجذب جسيمات دقيقة من مسحوق التصوير مُكوّنة صورة مرئية على الأسطوانة. ثم يُنقل مسحوق التصوير إلى الورقة المشحونة كهربائياً أثناء مرورها حول الأسطوانة. وتعمل الدلافين الساخنة على صهر مسحوق التصوير ولصقه بالورقة كصورة ثابتة.

٣. الدلافين الساخنة تصهر المسحوق وتلصقه بالورق.



## التجاذب

البالون المشحون بذلك يجذب إليه قصاصات الورق الصغيرة. إن شحنات البالون السالبة تُنافر الشحنات السالبة على الجزء الأقرب إليها من الورقة (لأن الشحنات المتماثلة تنافر)؛ فيصبح هذا الجزء من القصاصات مُوجب الشحنة، وينجذب إلى البالون لأن الشحنات المُتخالفة تتجاذب.

يُشحن المشط بشحنات سالبة عند تسريع الشعر؛ فإذا قُرب إلى القرص المعدني للمكشاف الكهربائي، يُنافر الشحنات السالبة فيه باتجاه الورقتين الذهبيتين، فتتفرجان.

## المكشاف الكهربائي

يُبين المكشاف الكهربائي ذو الورقتين الذهبيتين ما إذا كان الجسم مشحوناً أم غير مشحون. فإذا قرّبت جسماً مشحوناً إلى قرص المكشاف المعدني، تكتسب الورقتان الذهبيتان شحنات مُتعاكسة بالحث. ولما كانت الشحنات المتماثلة تنافر، فإن ورقتي المكشاف تنفران. وحيث إن الورقتين الذهبيتين رقيقتان جداً وخفيفتان فإن المكشاف الكهربائي شديد الحساسية.





## الشحنات داخل السحب

تُسخن الجسيمات الجليدية  
المدمومة في السحب في أعالي  
الجو بالكهربائية الساكنة؛  
فيصبح أعلى السحابة موجب  
الشحنة وأسفلها سالب  
الشحنة. ويحصل التفريغ  
البرقي أحياناً داخل السحابة  
لمعادلة الشحنات مُجدداً.

تُكسب  
الجسيمات  
الأخف الموجبة  
الشحنة إلى أعلى.

تتراكم الجسيمات الأثقل السالبة  
الشحنة في أسفل السحابة.

قضيب مانعة الصواعق  
مستدق الرأس، وطرفه  
السفلي مُتصل بالأرض  
بمُوصلٍ سلبي.

الشحنات السالبة في أسفل  
السحابة تستجيب بالتأثير  
شحنات موجبة على سطح  
الأرض تحتها.

قضيب من  
الحساس الأصفر  
مُتصل بالسلسلة  
المماسية للبطانة  
المعدنية الداخلية.

### مانعة الصواعق

يُنصب على السطح في معظم المباني العالية  
قضيب يُسمى مانعة الصواعق يتصل بالأرض  
بمُوصلٍ سلبي. الشحنات السالبة في أسفل  
السحابة المُتربة تجتذب الشحنات الموجبة  
من الأرض؛ فتندفع هذه الشحنات على  
جزيئات الهواء صاعداً إلى السحب حيث  
تُبطل مفعول بعض الشحنات السالبة في  
السحابة. وقد يمنع ذلك حدوث الصاعقة.  
وإذا لم يكن ذلك كافياً وحصل التفريغ البرقي  
فإن الكهرباء تسري عبر القضيب والمُوصل  
السلكي إلى الأرض دون إحداث أضرار.

### كيف تضرب الصاعقة؟

إذا كانت شحنات السحب قوية بما فيه الكفاية،  
فإنها تشق لها ممراً عبر الهواء إلى الأرض وتُفرغ  
كوميس برقي. وتوفر المباني العالية والأشجار  
والناس في الأماكن المكشوفة مساراً أسهل  
للتفريغ الكهربائي، فتستهدفها الصواعق.

بطانة فلزية داخلية.

تغليف رقائق فلزي.

### وعاء ليدن

دارسو الكهرباء الأوائل اختزنوها أحياناً في ما  
يسمى «وعاء ليدن» - (باسم المدينة الهولندية  
حيث استُخدم لأول مرة عام ١٧٤٥). ويتألف  
وعاء ليدن إجمالاً من قِطبانٍ رُجائي مُغطى من  
الداخل والخارج برفائق القصدير بحيث يمكن  
تخزين شحنة كهربائية على صفيحتي القصدير  
الرفيقتين. ويتصل قضيب معدني بالبطانة  
الداخلية لتفريغ الشحنة عند اللزوم. وعاء ليدن  
هذا هو شكل قديم من المُكثفات.

### لمزيد من المعلومات انظر

البنية الذرية ص ٢٥  
الكهرباء الثابتة ص ١٤٨  
مفومات إلكترونية ص ١٦٨  
الرعد والبرق ص ٢٥٧

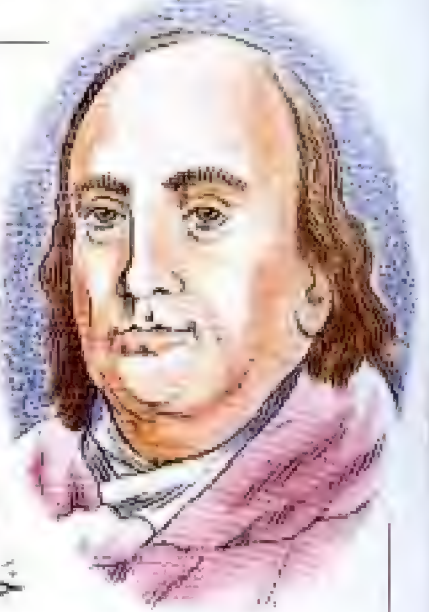


### الشراآت العملاقة

الوميض البرقي المُتسبب المُنبعث عبر الجو هو شراة  
عملاقة تُفقر بين سحابتين أو بين سحابة والأرض.  
وبالإضافة إلى ابتعانه نوراً ساطعاً جداً، فالتفريغ البرقي  
يُولد حرارة عالية جداً تُسخن الهواء المحيط فيتمدد بسرعة  
فائقة، مُحدثاً انفجاراً عظيماً هو الرعد.

### بنجامين فرانكلين

بين المُخترع بنجامين  
فرانكلين (١٧٠٦-١٧٩٠)  
التأثير والسياسي والعالم  
الأمريكي، العلاقة بين  
البرق والكهرباء بتجريبه  
خطرة جداً. ففي العام



١٧٥٢، طير فرانكلين طائرة  
ورقية في أثناء عاصفة رعدية. فسرت الكهرباء  
عبر خيط الطائرة المُبطل إلى مفتاح معدني كان  
في الطرف الآخر للخيوط. وعندما قرب فرانكلين  
إصبعه من المفتاح، ففرت شراة عبر الفجوة  
بينهما. فاستنتج أن كهربائية السحب هي التي  
سببت الشراة، وأن التفريغ البرقي هو نوع من  
السُرر. وفي العام ١٧٥٣، أعلن اختراعه قضيب  
مانعة الصواعق.

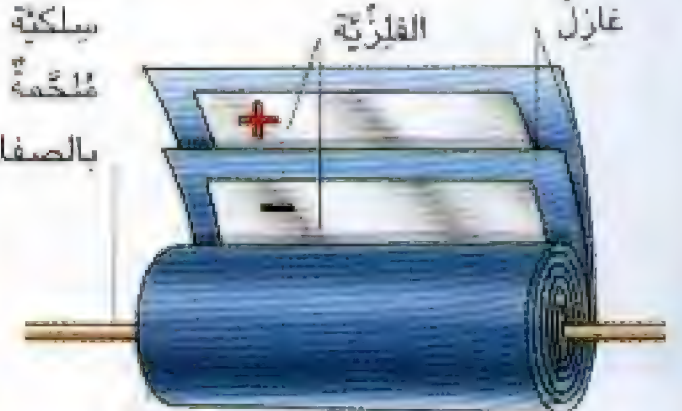
سداد فليني

مُطبان  
رُجائي

مُوصلات  
سلكية  
مُكثفة  
بالصفائح.

صفائح من  
الرفائق  
الفلزية

غازل



### المُكثفات

تُستخدم المُكثفات السَّعوية لتخزين الشحنات  
الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية  
كالتلفزيونات والحواسيب. فالتبضات  
الكهربائية القصيرة الأمد مثلاً، تُخزن في  
المكثف بحيث يمكن أبعث تيار مُستمر منه.  
وفي بعض المُكثفات، تُفصل صفائح الرفائق  
الفلزية داخلها بعضها عن بعض بلبائن  
رقيقة، ثم تُلف جميعها وتُسد بإحكام.

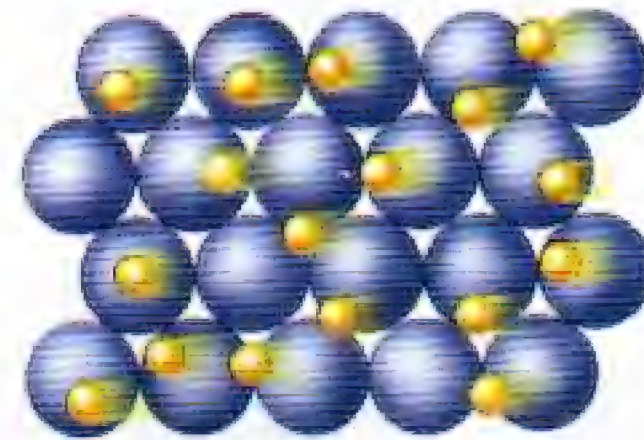


# الكهرباء التيارية

حيثما تذهب تر الكهرباء التيارية في مجالات العمل - في البيت والشارع والمصنع وحيثما كان. صمجات المصابيح تحول الكهرباء إلى ضوء، والمواقد الكهربائية تحول الكهرباء إلى حرارة، والمحرّكات الكهربائية تحول الكهرباء إلى حركة. الكهرباء من أوسع أشكال الطاقة استخدامًا لأنها سهلة التحول إلى أشكال الطاقة الأخرى؛ ولأنها آتية السريان عبر أسلاك التوصيل إلى حيث يُحتاج إليها، كتيار كهربائي. ويقاس سريان الكهرباء بوحدات الأمبير. التيارات الكهربائية، في معظمها، تتألف من إلكترونات دافقة، لكن بعضها يتألف من أنواع أخرى من الجسيمات المشحونة، تدعى أيونات.



**الكهرباء في بعض مجالاتها**  
في حفل موسيقى وأغان شعبية، تحدث الأجهزة الكهربائية مؤثرات صوتية أخادة وأصواتاً عالية. ويستطيع المتفرجون البعيدون جدًا عن المسرح مشاهدة الموسيقيين وسماع المغنين عبر شاشات ضخمة ومكروفونات منتشرة في ساحة المسرح.



## الإلكترونات الطليقة

تسري الكهرباء عبر فلز، كالنحاس، لأن الفلز يحوي إلكترونات طليقة تستطيع الانتقال من ذرة إلى أخرى.

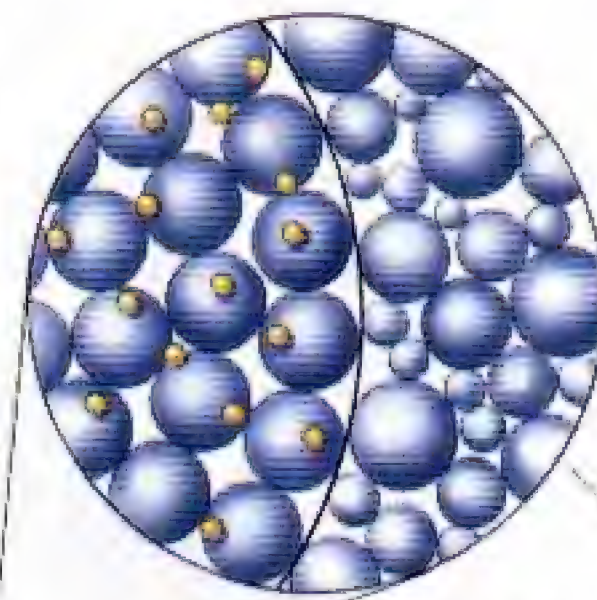
## دائرة الكتل البلي «ج. بلية»

يمكنك تمثيل كيفية سريان التيار الكهربائي باستخدام دائرة من الكتل المتماثلة. فإذا دفعت إحداها، ترى أن جميع الكتل تتحرك آتياً؛ فالكتلة الأخيرة في الحلقة تتحرك حالما تمس الكتلة الأولى. والبطارية تدفع الإلكترونات عبر الأسلاك في دائرة كهربائية، بطريقة مماثلة، لإحداث تيار كهربائي.



## الموصلات والعوازل

تدعى الأسلاك النحاسية في الكبلات الكهربائية موصلات، لأنها توصل التيار الكهربائي أي تسمح له بالمرور عبرها. وتغلف الأسلاك النحاسية بمادة لدائية عازلة، غير موصلة للكهرباء، لأنها لا تحوي إلكترونات طليقة. العوازل تمنع الكهرباء من السريان حيث لا نريدها.



في العوازل تبقى جميع الإلكترونات مشدودة إلى ذراتها؛ لذا لا تستطيع الكهرباء السريان عبرها.

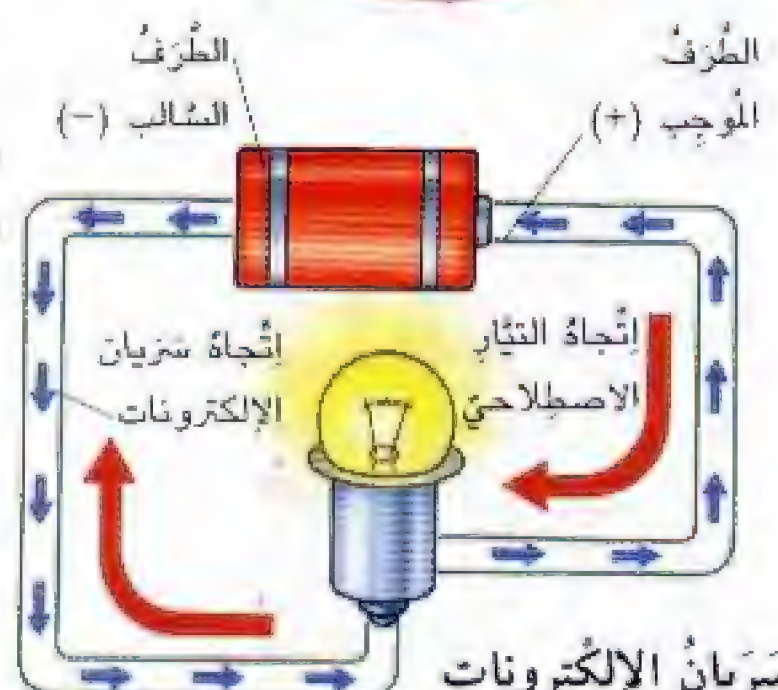
الكبول العلوية العارية تُغلق وتدعم باستخدام العوازل.

الكبول وأذرع التوصيل تُوصّل الكهرباء.



## الإمداد العلوي

بعض القطارات الكهربائية يلتقط الكهرباء بأذرع تنزلق عبر كبلات معلقة فوق سكة حديد. ولتحقيق التماس الكهربائي بين ذراع التوصيل والكتل، كتي يسري التيار إلى محرك القطار، يجب أن يكون الكبل عارياً (أي غير معزول). ولا بد من تعليق هذه الكبول العلوية على عوازل لمنع تبديد الكهرباء وإبعاد خطرهما. فالموصلات والعوازل، كما ترى، تُستخدم معاً لتجعل استخدام الكهرباء آمناً وعالي الكفاءة.

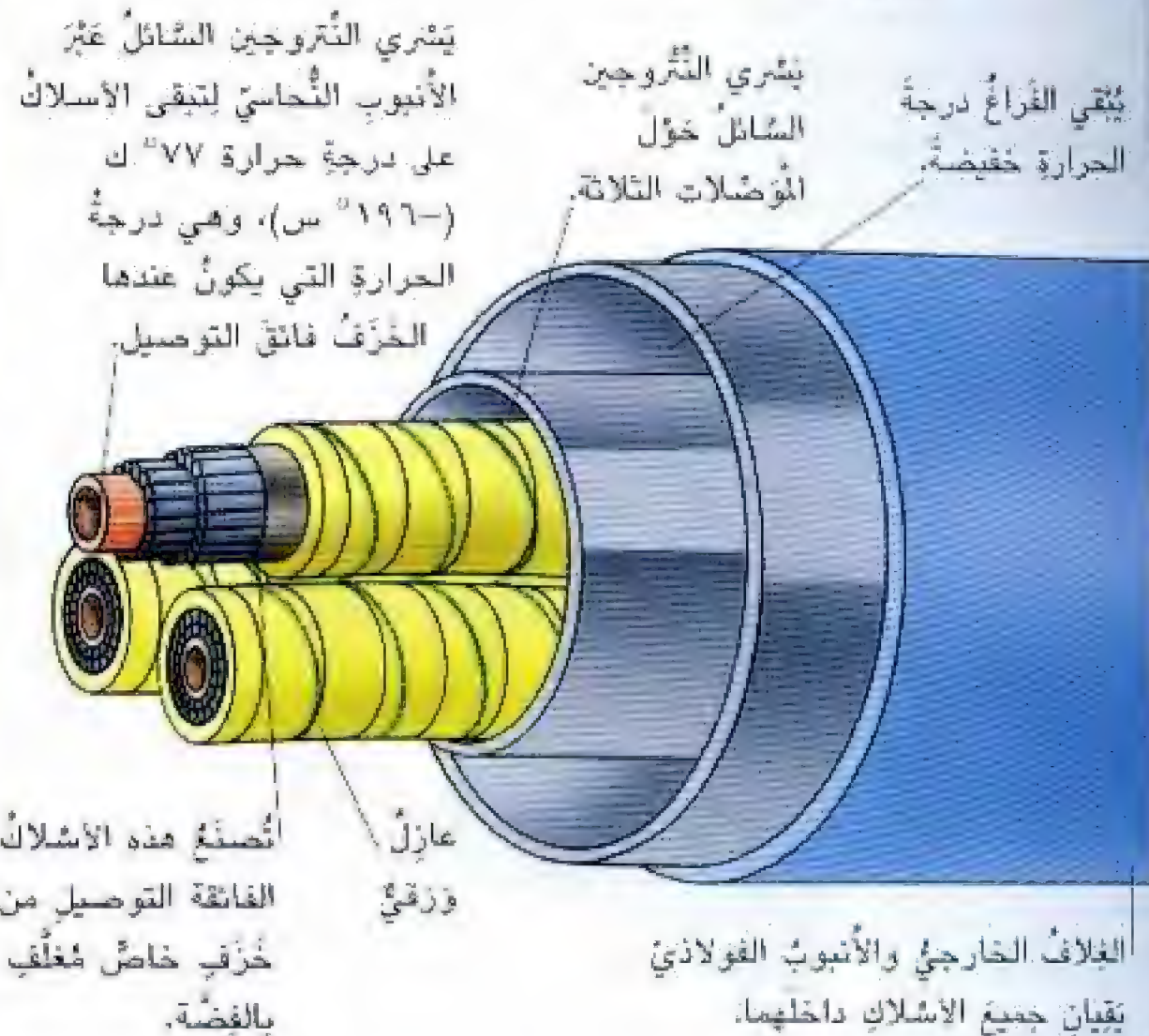


إعتقد العلماء سائفاً أن الكهرباء في دائرة بطارية مثلاً، تسري من الطرف الموجب للبطارية إلى طرفها السالب. ووضعت قواعد عملية مفيدة تطبيقاً لهذا المفهوم. لذا نطلق تياراً إتجاه التيار هكذا، ونسميه التيار الاصطلاحي. والواقع أن الإلكترونات تسري من طرف البطارية السالب إلى طرفها الموجب.



## شارل أوغستين كولوم

كولوم (١٧٣٦-١٨٠٦) فيزيائي ومهندس فرنسي اشتهر بأبحاثه في الاحتكاك والمغناطيسية والكهرباء. اخترع كولوم آلات حساسة لقياس القوى بين المغناطيسات كما بين الشحنات الكهربائية. وسُميت وحدة الكولوم لقياس كمية الكهرباء باسمه؛ وهي كمية الكهرباء السارية عبر نقطة في دائرة يمر فيها تيار مقداره أسبير في ثانية.



## كَبُولُ فائقة التوصيل

المادة الجيدة للتوصيل للكهرباء ضئيلة المقاومة لتيار التيار. وفي فترات معينة كالتصدير والرصاص، وبعض الخزفيات، تقارب هذه المقاومة الصفر عندما تبرد هذه المواد إلى درجة حرارة خفيفة جدًا؛ فتصبح المواد فائقة التوصيل (أي كاملة التوصيلية تقريبًا). والكَبُولُ المفرطة التوصيل ينقل الكهرباء، لأن تبيد القدرة فيها لا يكاد يذكر؛ لكنها باهظة التكلفة عمليًا لأنها تتطلب على الدوام تبريدًا شديدًا بالتبريد أو الهيليوم السائلين. وتجرى التجارب حاليًا لإيجاد موصلات فائقة التوصيل تعمل على درجة حرارة أعلى.



## ألكس مولر

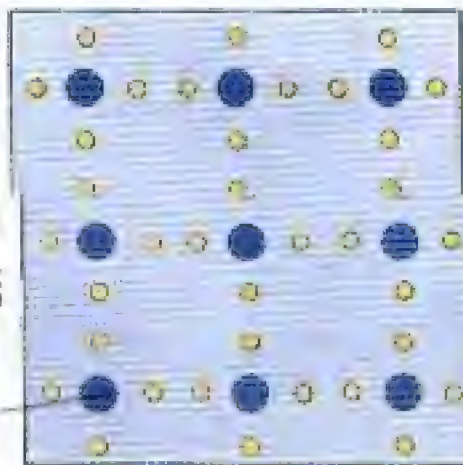
المشكلة الرئيسية في

الموصلات الفائقة التوصيل هي ضرورة حفظها على درجة حرارة تقارب الصفر المطلق (صفر كلفن أي - ٢٧٣° س)، وهذه أخفض درجة حرارة ممكنة.

لكن الفيزيائي السويسري، ألكس مولر (المولود عام ١٩٢٧)، ومساعدته جورج بيدنورز (المولود عام ١٩٥٠)، اكتشفا أن مادة خزفية من أكسيد النحاس، تحوي الباريوم والنترون، تغدو فائقة التوصيل على درجة ٣٥° ك (- ٢٣٨° س). وقد نالوا بذلك جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٨٧. وفي العام ١٩٨٨، توصل آخرون إلى تصنيع مادة خزفية فائقة التوصيل على درجة ١٢٣° ك (- ١٥٠° س). لكن لم يتوصل بعد أحد إلى صنع موصل فائق يعمل على درجة حرارة الغرفة.

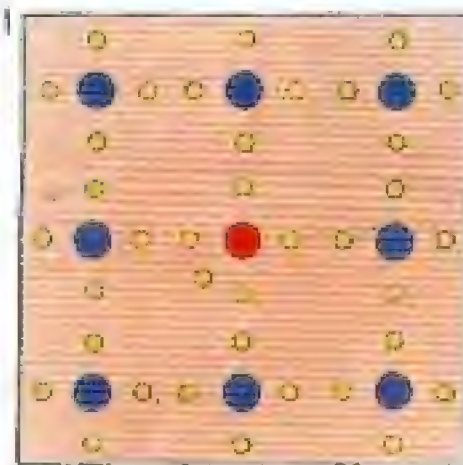
## السليكون النقي

يوجد أربع إلكترونات في الغلاف الخارجي للذرة من السليكون النقي. وتعاود هذه (كما الإلكترونات الأخرى) شحنات موجبة مساوية في نواة الذرة؛ لذا فذرة السليكون كمجموع متعادلة.



## شبه موصل من النمط-م

يوجد ثلاثة إلكترونات في الغلاف الخارجي لذرة البورون؛ فإذا أُضيف إلى السليكون كميات قليلة من البورون، ترك هذه الإضافة ثقبًا أو شغرات إلكترونية تجعل المادة موجبة وشبه موصلة موجبة النمط (النمط-م).



## شبه موصل من النمط-س

يوجد في الغلاف الخارجي للذرة من الزرنيخ أو الفسفور خمسة إلكترونات. فإذا أُضيف مقدار ضئيل من أي منهما إلى السليكون، تجلب هذه الإضافة إليه إلكترونات طليقة تجعله شبه موصل سالب النمط (النمط-س).

## شبه الموصلات

المواد الغير جيدة التوصيل للكهرباء تدعى شبه موصلات أو أشباه فلزات. وهي تُستخدم للتحكم في التيار في الأجهزة الإلكترونية. وأكثر هذه المواد استخدامًا هو السليكون المشاب بكميات قليلة من الزرنيخ أو الفسفور أو البورون لتغيير خواصه الكهربائية وجعله شبه موصل سالب النمط (نمط-س) أو موجب النمط (نمط-م). في شبه الموصلات من النمط-س، الإلكترونات الطليقة هي التي تحمل التيار؛ أمّا في شبه الموصلات من النمط-م فتحملها الثقوب. تُستخدم شبه الموصلات في صنع النواقل الإلكترونية، كالمقاومات (أو الجذازات) السليكونية للحواسيب.



بلورة من السليكون النقي

الأيونات الموجبة الشحنة تنجذب إلى الفلز السالب الشحنة.



## الطلاء الكهربائي

الوُاحِ الذّارة المطبوعة، السبيكة أغلاء، كانت قد عُثِرَ في محلّول من كبريتات النحاس؛ ثم مرّرت الكهرباء عبر المحلول في دائرة وصّلت الألواح فيها بالكاثود لاجتذاب أيونات النحاس التي ترسبت عليها مكونة المسارات النحاسية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- البنية الذرية ص ٢٤
- أشياء الفلزات ص ٣٩
- الكهزلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- مقومات إلكترونية ص ١٦٨
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

## الكهرباء والأيونات

يسري التيار في بعض المحاليل، لا كإلكترونات بل كجسيمات مشحونة تدعى أيونات، والطلاء الكهربائي تطبيق عملي على ذلك لتغطية جسم ما بطبقة فلزية. فيوصل الجسم المراد طلاؤه بالطرف السالب للمصدر الكهربائي لجعله الإلكترود السالب الذي يجذب إليه الأيونات الموجبة الشحنة (من فضة أو نحاس أو خارصين) فينطلي بها.



# الخلايا والبطاريات

النبائط العاملة بالبطاريات كثيرة، كالراديو والمصابيح والدُمى والساعات وغيرها، وهي تتطلب أشكالاً وأحجاماً مختلفة من البطاريات. بعض البطاريات صغير، بحجم قرصة الدواء، وبعضها الآخر ثقيل لا يمكنك حمله. لكنّها، في معظمها، تشترك في خاصية مهمّة هي قدرتها على اختزان طاقة كيميائية وتحويلها إلى طاقة كهربائية. والخلية الكهربائية هي الوحدة الأساسية المولدة للكهرباء؛ وتتألف البطارية من مجموع اثنين أو أكثر منها. غير إنّنا نستخدم كلمة بطارية أيضاً عندما نتحدث عن خلية واحدة كالخليفة الجافة، أو الخلية القُرصية الصغيرة في ساعة مثلاً. الخلايا «تضخ» الإلكترونات عبر الموصلات كما المضخات السوائل عبر الأنابيب.

الحجم الحقيقي



خلية أكسيد الزئبق

الكثير من الساعات

الإلكترونية يعمل

بواحدة من خلايا أكسيد

الزئبق. وتوفر الخلية

من هذا النوع جهداً أو

فولطية مقدارها ١,٣٥

فولط لفترة طويلة.



الحجم الحقيقي



خلية النيكل والكادميوم

خلية النيكل والكادميوم، بخلاف سائر

الخلايا الجافة المألوفة، يمكن إعادة

شحنها؛ فتصبح تكلفة دُمى البطاريات

العاملة بها أقل بكثير.



الحجم الحقيقي



البطاريات (أعمدة الخلايا) الجافة

تستخدم البطاريات الجافة العادية في معظم

المشاعل ومصابيح الجيب الكهربائية.

وتتألف الإلكتروليت فيها من كلوريد

الأمونيوم؛ لكن الخلايا الأقوى تياراً

تستخدم كلوريد الخارصين. أمّا الخلايا

القوية ذات التيار الأشد والتي تدوم لفترات

أطول، فتستخدم هيدروكسيد البوتاسيوم

كالإلكتروليت.

داخل الخلية الجافة

أشهر أنواع الخلايا هي الخلية الجافة التي

تعمل على مبدأ الخلية التي اخترعها

المهندس الفرنسي جورج لكلانشيه عام

١٨٦٥. غير أنّ الإلكتروليت في خلية

لكلانشيه سائل، أمّا في الخلايا الجافة

العصرية فالإلكتروليت معجون رطب من

كلوريد الأمونيوم. المسحوق الكربوني

الممزوج بثاني أكسيد المنغنيز يمنع

استقطاب الخلية - أي تجمع الهيدروجين

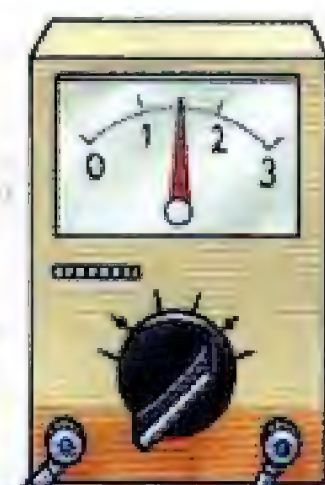
كعازل حول قضيب الكربون فيها - مما

يوقف الخلية عن العمل.



القوة الدافعة الكهربائية

القوة الدافعة الكهربائية لخلية أو بطارية تدفع الإلكترونات لتسري في الدارة الكهربائية، وهي تقاس بوحدة الفولط. تعتمد القوة الدافعة الكهربائية للخلية على نوعيتها؛ فهي في الخلايا الجافة، مثلاً، ١,٥ فولط.



يقبض الفولتمتر الموصل عبر طرفي البطارية قوتها الدافعة الكهربائية بالفولط.



ألساندرو فولتا

اخترع الكونت الإيطالي ألساندرو فولتا (١٧٤٥-١٨٢٧)

أول بطارية. تألفت الخلية الواحدة في

بطارية فولتا من قرص نحاسي وقرص خارصيني

كالإلكترودين بينهما قطعة من القماش المشرب

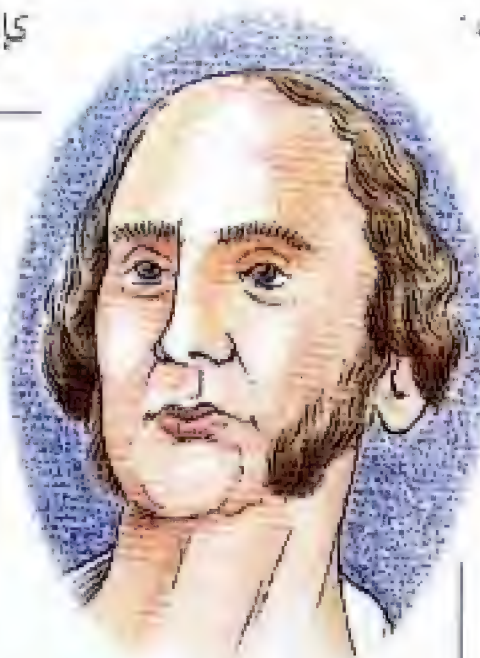
بمحلول ملحي كالإلكتروليت؛ وكانت قوتها الدافعة

الكهربائية قليلة. ثم اكتشف فولتا أنّه بركم عدّة من

هذه الخلايا يحصل على قوة دافعة أكبر - فكانت

البطارية الأولى وعرفت بعمود فولتا. وتكريماً له سُميت وحدة القوة الدافعة

الكهربائية «الفولط» باسمه.





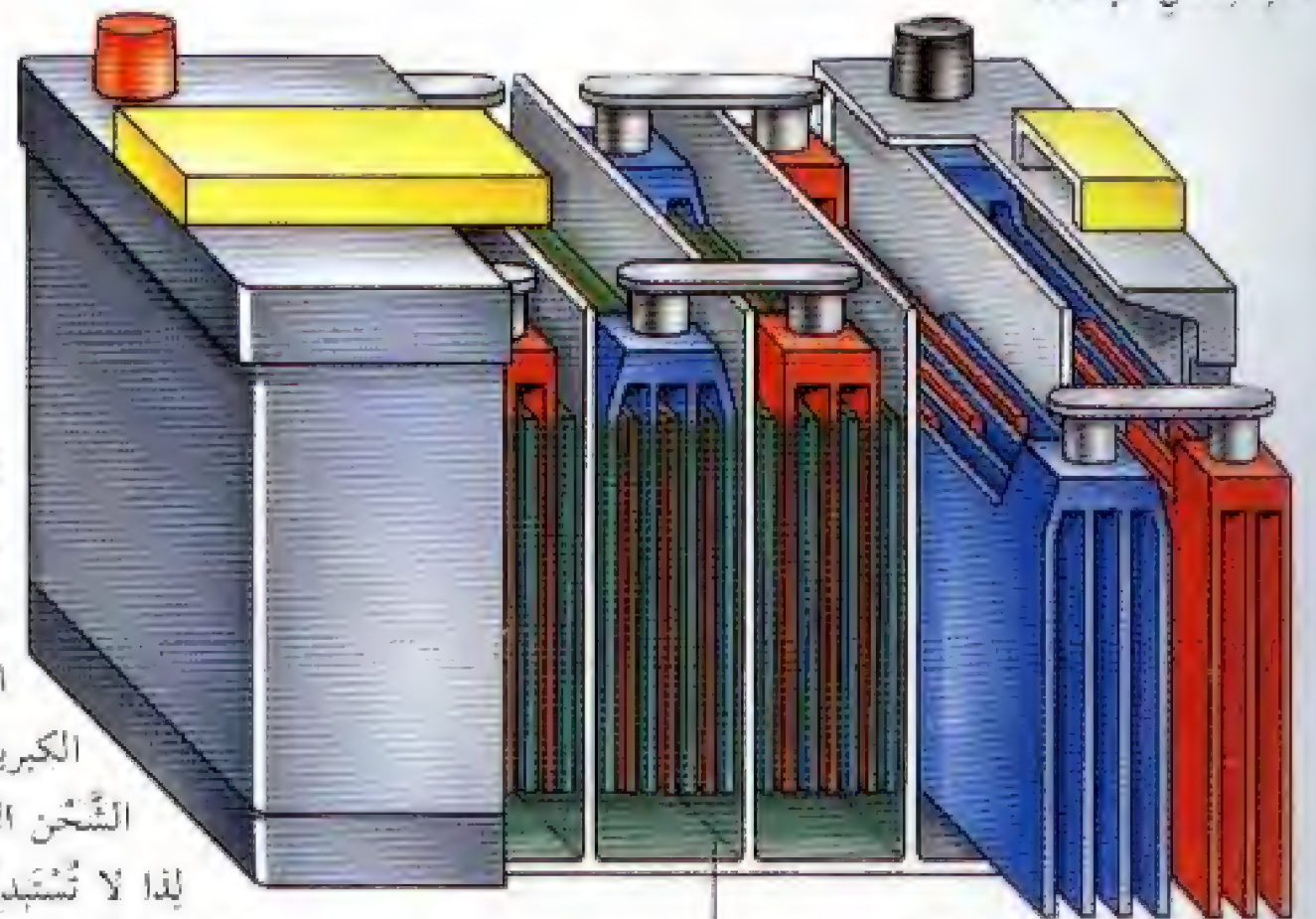
## حجم البطارية

تتنوع معظم المصابيح الكهربائية بطاريتين جافتين أو أكثر وتوصل هذه البطاريات على التوالي، أي واحدة بعد الأخرى، كما في عمود فولتا؛ مما يزيد مجمل القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك). فإذا وُصلت بطاريتان على التوالي، فلطيفة الواحدة منهما ١.٥ فولت، يكون مجمل قوتيهما الدافعة الكهربائية ٣ فولت. وبزيادة القوة الدافعة الكهربائية تزداد شدة التيار في الدارة الكهربائية. والمصابيح القوية تستخدم أربع بطاريات أو أكثر. إن حجم البطارية ذاته لا علاقة له بقوتها الدافعة الكهربائية، إذ إن قوتها الكيماوية فقط هي التي تحدد ذلك، لكن البطارية الكبيرة تدوم فترة أطول من البطارية الصغيرة من النوع ذاته.



## الأنقليس الكهربى

يستخدم جميع الحيوانات شحنات كهربائية ضئيلة في أجهزتها العصبية والعضلية ويستطيع بعضها، كالأنقليس الكهربى (إلكتروفورس إلكتروكوس) في أمريكا الجنوبية إحداث صدمة كهربائية قوية يقتل بها فرائسه. ويشتغل العضو الكهربى قسماً كبيراً من جسم الأنقليس، ويتألف من عضلات خاصة تُخسَد فيها الكهرباء بحركة الأوتار، وتفرغ عند الحاجة دفعة واحدة مولدة فلتية عالية تكفي لصق وتدوير السمك السباح في الجوار. وقد تصل الفلتية هذه في بعض أجناس الأنقليس الكهربى إلى ٦٥٠ فولت - وهي فلتية كافية لقتل الإنسان.



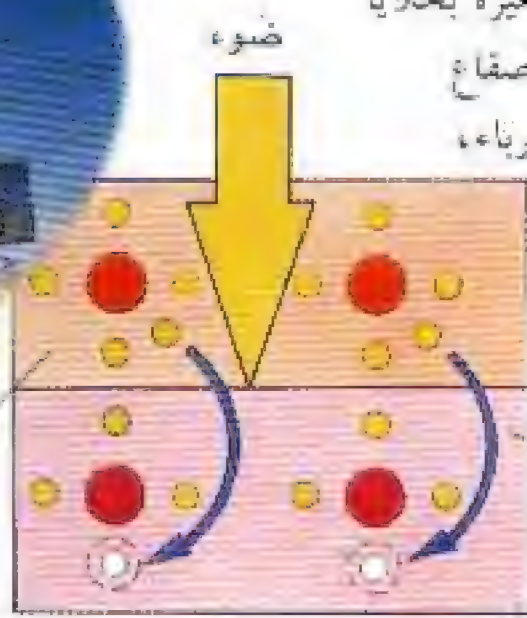
صفحة من ثاني أكسيد الرصاص  
صفحة من حمض الكبريتيك  
تتولد الكهرباء من تفاعل الصفائح مع حمض الكبريتيك.



يستخدم كل من هذين المصباحين بـ ٣ فولت لأن مجمل القوة الدافعة للبطاريتين في كل منهما ٣ فولت. نلاحظ في عمود فولتا الأولى.

## الخلايا الشمسية

الخلايا الشمسية، بخلاف الخلايا العادية، لا تعتمد على الطاقة الكيماوية؛ بل تحول الطاقة الضوئية مباشرة إلى كهرباء. لذا تعرف أيضاً بالخلايا الفلطانية الضوئية. والخلايا الشمسية هي في معظمها دايودات سيليكونية. تعمل بعض الحاسبات الجيبية الصغيرة بخلايا شمسية؛ لكن، في بعض الأصناف، تأتي البعيدة عن موارد الكهرباء، كالقلب الجوبي، تُستخدم مآطورات ضخمة، تضم الكثير من الخلايا الشمسية، كمورد طاقة بديل.

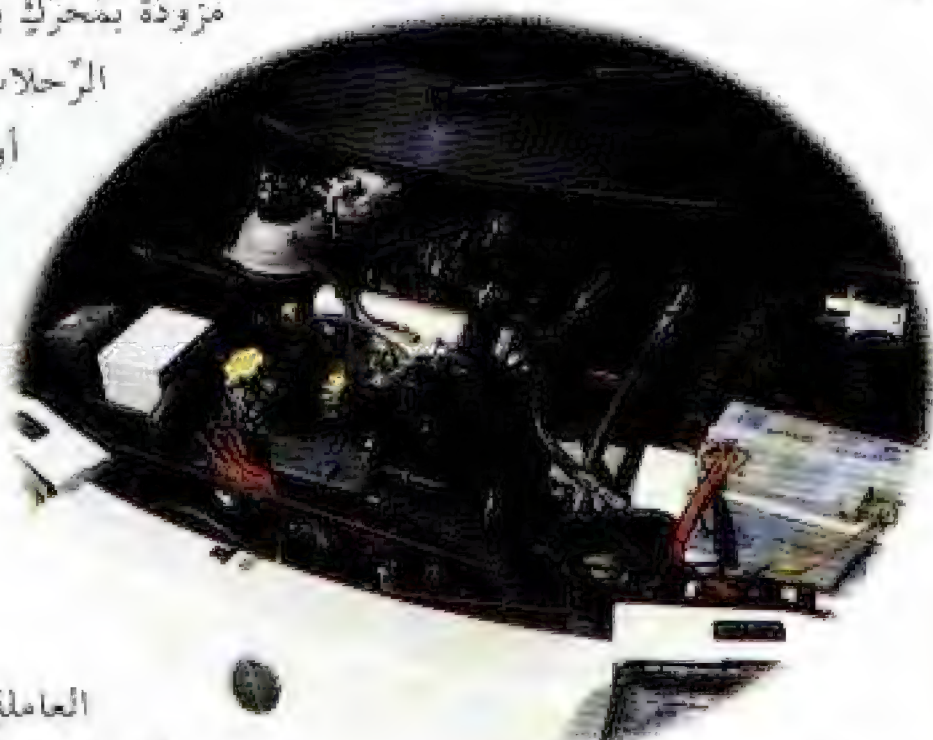


عندما يصدم الضوء مناطق اتصال نطفي شبه الموصلين، تسري الإلكترونات عبر الخلية كتيار كهربائي.

شبه موصل من النط-م

## السيارة الكهربائية

يستخدم هذه السيارة بطارية للسير في المدن وهي مزودة بمحرك بزنينى لإبقاء البطارية مشحونة في الرحلات الأطول. هنالك حالياً نماذج أولية لسيارة كهربائية تعمل بالبطارية فقط، لكن البطارية المستخدمة ضخمة ولا تدوم طويلاً؛ وعند الحاجة تُشحن البطارية ليلاً من الشبكة الرئيسية حين يخف ضغط الاستهلاك. والميزة الرئيسية للسيارات الكهربائية هي أنها أقل تلويثاً للهواء من تلك العاملة بمحرك البنزين أو الديزل. وهكذا تعتبر السيارة الكهربائية إحدى السبل المهمة في معالجة مشاكل التلوث.



## بطارية السيارة (المركم)

يستخدم معظم السيارات بطارية جهدها ١٢ فولتاً. وتحتوي البطارية ست خلايا تتألف واحداً من صفائح من الرصاص وأخرى من ثاني أكسيد الرصاص مغمورتين في محلول من حامض الكبريتيك بجهده ٢ فولت. وهذه الخلايا قابلة لإعادة الشحن الكهربائي بعد الاستعمال، بخلاف الخلايا الجافة. لذا لا تُستبدل بطارية السيارة إلا إذا تعطلت. الخلايا التي لا يمكن إعادة شحنها تسمى خلايا أولية؛ أما القابلة لإعادة الشحن فتسمى خلايا ثانوية. بطارية السيارة مركم حمضي رصاصي يُمدّ أجهزتها بالقدرة الكهربائية ويُعاد شحنه ببطيئة في السيارة تدعى المُتَوَب.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- الفلزات الانتقالية ص ٣٦
- أشباه الفلزات ص ٣٩
- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- المولدات ص ١٥٩
- الضوء ص ١٩٠
- العضلات ص ٣٥٥
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

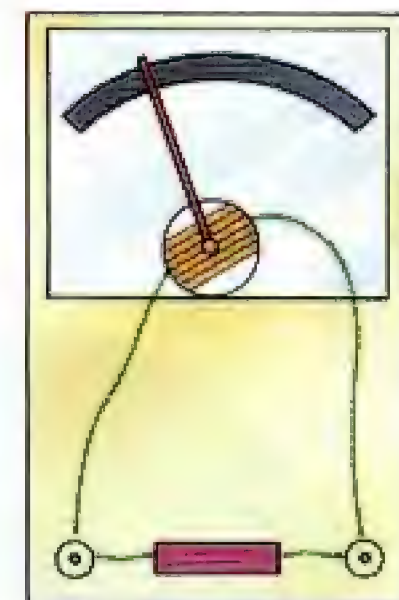


# الدوائر الكهربائية

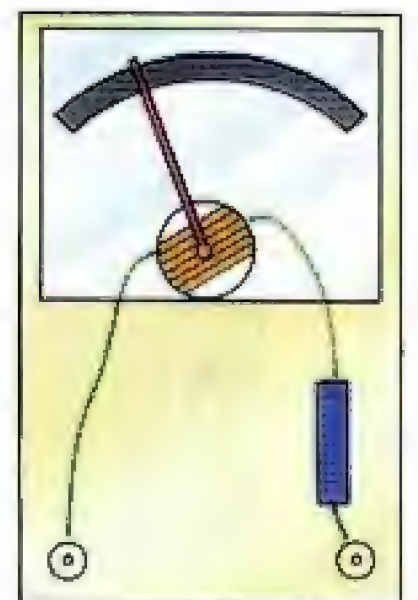
عندما تُضيء مصباحًا كهربائيًا، فإنك تكمل دائرة كهربائية بسيطة، تسري الكهرباء فيها من البطارية، عبر المفتاح (المفتاح) والبصيلة ثم عودًا إلى البطارية. فالدائرة هي المسار الذي تتخذه الكهرباء؛ وأجزاء هذا المسار كلها موصلة للكهرباء ومتصلة بعضها ببعض. والدوائر الكهربائية على نوعين: دوائر التوالي ودوائر التوازي. مصباح الجيب الكهربائي مثل على دائرة توالي حيث كل مقومات الدائرة موصولة الواحد تلو الآخر. في دائرة التوازي تكون البطاريات أو بعض المقومات الأخرى موصولة بعضها عبر بعض. وفي كلا الدائرتين، يمكن احتساب الفلطيّة أو المقاومة أو شدة التيار باستخدام قانون أوم.

## دائرة تطبيقية

البطاريات الثلاث في أعلى الدائرة المقابلة تُنتج جهدًا مقداره ١٣,٥ فولت لأنها موصولة على التوالي ويجهّد الواحد منها ٤,٥ فولت. فإذا تسبّب غفّل في سريان تيار أشدّ مما يجب في الدائرة يتصهر المصهر ويتقطع الإمداد من البطاريات. أحد المقاييس المتعدّدي القياسات يعمل هنا كأميتر لقياس شدة التيار الساري في بصيلة بينما يُستخدم الآخر كفلطيمتر لقياس الفلطيّة عبر بصيلة أخرى.



الأميتر مقياس ذو ملف متحرك موصول على التوازي بمقاوم خفيض المقاومة - بحيث إن تيار الدائرة يكاد لا يُنتقص إذا وُصل فيها الأميتر على التوالي.



الفلطيمتر مقياس ذو ملف متحرك موصول على التوالي بمقاوم عالي المقاومة. هذا المقاوم يمنع سريان تيار كبير في الفلطيمتر (وتغيير أوضاع الدائرة بذلك).

يحتوي حامل المصهر بثلاثة حُرطوشية - كاللذين بجانبه. ينصهر فلز المصهر عند تجاوز التيار حدًا مُعيّنًا لغطّل طارئ.

المقياس المتعدّد القياسات المعدّل لدى ٢٥٠ ملي أمبير والموصول على التوالي بهذا الفرع من الدائرة يُبيّن تيارًا شدّته ١٦٥ ملي أمبير.

مقلاد يتحكّم سريان التيار عبر الدائرة بكاملها.

يُسبّب المقاوم هبوطًا في الجهد مقداره ٧,٥ فولت، بحيث تصبح الفلطيّة الباقية (أي ٦ فولت) ملائمة للبصيلة في هذا الجزء من الدائرة.

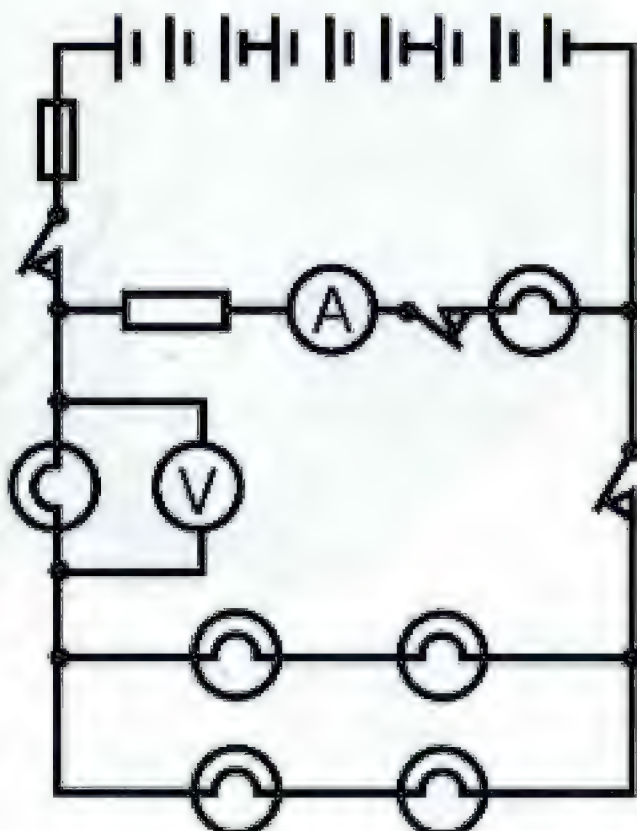
مقلاد يتحكّم في التيار الساري عبر هذا الفرع من الدائرة.

المقياس المتعدّد القياسات المعدّل لدى ١٠ فولت يُبيّن جهدًا مقداره ٥ فولت عبر البصيلة.

مقلاد يتحكّم في التيار الساري عبر هذا الفرع من الدائرة.

زوجان من البصيلات المتماثلة المتتالية موصولان على التوالي. التيار الساري في البصيلات مُتساو.

الرسم التخطيطي للدوائر تمثّل مقومات الدائرة الكهربائية برموز مُعيّنة في رسم تخطيطي يُبيّن كامل أجزائها وتوصيلاتها بوضوح بالغ. في التخطيط المقابل، للدائرة أعلاه، أُعيد ترتيب بعض الأسلاك لتبسيط الرسم؛ لكن ذلك لا يؤثر أبدًا في بيان طريقة عمل الدائرة الكهربائية.



## جورج سيمون أوم

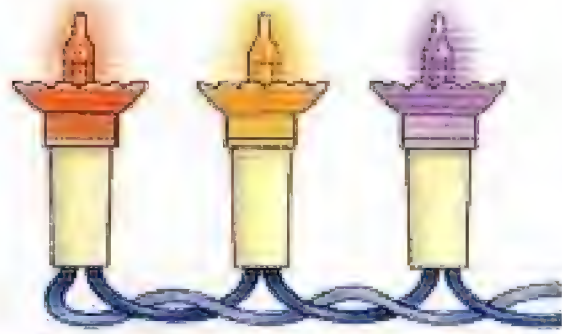
أوجد الفيزيائي الألماني جورج سيمون أوم (١٧٨٧-١٨٥٤) العلاقة بين شدة التيار الكهربائي والمقاومة وفرق الجهد الكهربائي (الفلطيّة) فيما يُعرف بقانون أوم - الممثل بالمعادلة التالية:  $V = I \times R$  (ف (فرق الجهد الكهربائي) «بالفولت» = ت (شدة التيار) «بالأمبير»  $\times$  م (المقاومة) «بالأوم». وقد سُمّيت وحدة قياس المقاومة الكهربائية، الأوم، باسمه.





## دوائر التوالي والتوازي

يسري التيار الكهربائي في دائرة كاملة لا انقطاع فيها. وقد تكون أجزاء أو مقومات الدارة موصولة على التوالي أو على التوازي. في دائرة التوالي تتصل المقومات واحدًا بعد الآخر، كتشابك الأيدي في حلقة؛ أما في دائرة التوازي فتتصل المقومات بعضها عبر بعض.



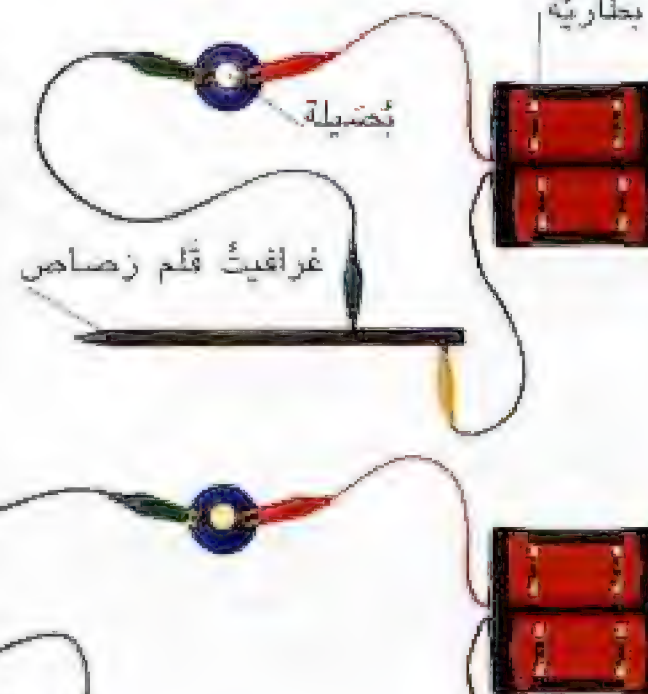
أضواء الحفلات البديعة توصل الواحد تلو الآخر على امتداد السلك نفسه من كبل مزدوج. أما السلك الآخر فيكمل الدارة عودًا من آخر السلسلة إلى القابس وخاذ الإمداد.

## التوصيل على التوالي

عند وصل المقومات في دائرة على التوالي يزداد مجمل المقاومة. فالتيار الساري من المصدر نفسه في مجموعة من المقومات أخفض بكثير من التيار الساري في دائرة المقاوم الواحد. في بعض أطقم أنوار الحفلات تكون البصيلات موصولة على التوالي؛ فإذا تعطلت واحدة منها، تعطلت الطقم بكامله.

## المقاومة

كلما ازدادت المقاومة في دائرة يقل التيار الساري فيها؛ وهكذا يمكن التحكم في التيار الساري في الدارة بمقوم متغير. في الرسم المقابل، يستخدم خافض المصباح مقاومًا متغيرًا، يتألف من الغرافيت في قلم رصاص، لتغيير توهج البصيلة. إن تحرك الملامس المتزلق على طول القلب الغرافيتي يغير طول الكربون الذي يسري فيه التيار. فبازدياد طول الغرافيت في الدارة، تزداد المقاومة ويقل التيار فيخفت توهج البصيلة. المقومات المتغيرة الكبيرة المستخدمة لمثل هذا الغرض تدعى ناظمات التيار (ريوستاتات).

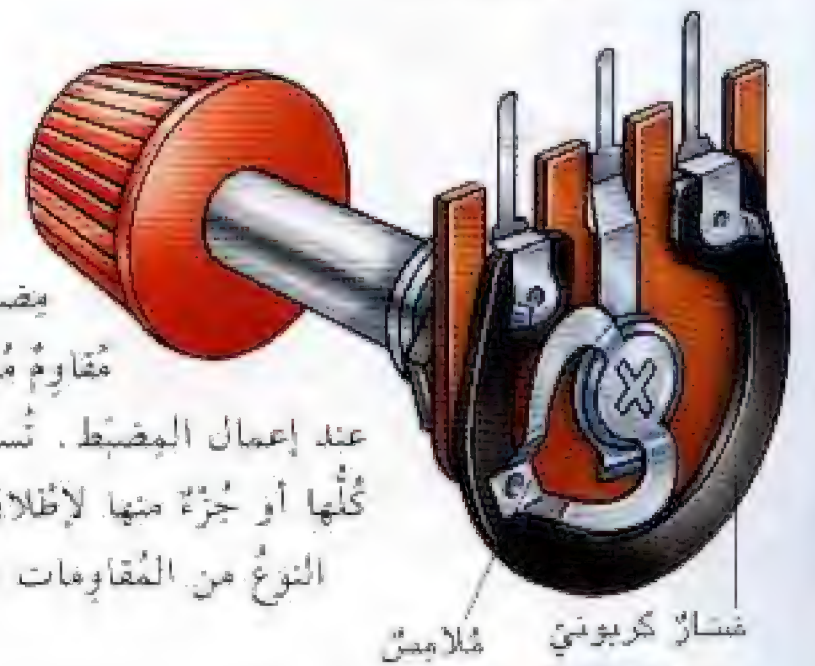


يتسري تيار كبير إذا كانت المقاومة قليلة، فتتوهج البصيلة بنور ساطع.

يتسري تيار أقل إذا صارت المقاومة أكثر، فيخفت توهج البصيلة.

## مضبط الجهاز

مضبط الجهاز في جهاز راديو نموذجي هو مقاوم متغير ذو ملامس يتزلق على مسار كربوني عند إعمال المضبط. تسلط إشارة صوتية عبر المقاوم تستخدم كلها أو جزء منها لإطلاق الصوت تبعًا لمعايرة المضبط. وهذا النوع من المقومات المتغيرة يدعى مفرقا.



مسار كربوني ملامس

## محكام السرعة

محكام السرعة في بعض نماذج أطقم سيارات السباق الكهربائية يمكنك من التحكم في سرعة كل سيارة بمفردها. فعندما تضغط على الزناد، يتزلق ملامس على امتداد مقاوم متغير، موصول على التوالي بماخذ الإمداد ويأخذ السيارات. فإن خفضت المقاومة تزداد شدة التيار عبر محرك السيارة وتزداد، بالتالي، سرعتها.

شقاوم

محكام السرعة اليدوي

## التوصيل على التوازي

عند وصل المقومات في دائرة على التوازي ينخفض مجمل المقاومة. وبذلك تزداد شدة التيار. ففي مضمار السيارات الكهربائية الذي يتم توصيل السيارات على التوازي؛ وكلما ازداد عددها ينخفض مجمل مقاوماتها، ويزداد مجمل التيار من المصدر. والسيارات هنا مستقلة بعضها عن بعض، فإذا تعطلت واحدة منها تستمر الأخرى في العمل.

باستخدام المحكام اليدوي يمكنك تغيير شدة التيار الساري عبر محرك السيارة الدخية عن طريق الشرائح المعدنية في المضمار.

توصيلات إلى المضمار

يتزلق الملامس على المقاوم عند ضغط الزناد.

## أندريه ماري أمبير

الرياضي والعالم الفرنسي أندريه أمبير (1775-1842) أجرى تجارب مهمة على التيارات الكهربائية. فأوجد للناس وسائل ميسرة لقياس شدة التيار الكهربائي الساري في دائرة كهربائية. وتقديرًا لإسهاماته سميت وحدة شدة التيار «الأمبير» باسمه. والأمبير يُعادل سريان حوالي 10<sup>-6</sup> إلكترون في الثانية.



## لزيد من المعلومات انظر

- الكهرباء التيارات ص 148
- الكهرومغناطيسية ص 156
- الكهرباء في البيت ص 161
- حقائق ومعلومات ص 410



# المِغْنَطِيسِيَّة

المِغْنَطِيسُ ليسَ دَبَقًا، لكنَّ الأجسامَ الحديديَّةَ أو الفولاذيَّةَ الخفيفةَ تَعْلُقُ به ؛ فهو مُحَاطٌ بِمِجَالٍ قُوَّةٍ لَامَرِيَّةٍ (هي مِجَالُهُ المِغْنَطِيسِيّ) يُؤَثِّرُ في موادَّ مُعَيَّنَةٍ بِالقُرْبِ مِنْهُ. لِكُلِّ مِغْنَطِيسٍ قُطْبَانِ جَنُوبِيٌّ وَشَمَالِيٌّ ؛ الْأَقْطَابُ الْمُتَشَابِهَةُ تَتَنَافَرُ وَالمُتَخَالِفَةُ تَتَجَادَبُ. في مَفْهُومِنَا العَادِيّ، نُطَلِّقُ لَفْظَةَ مِغْنَطِيسٍ عَلَى المِغْنَطِيسِ الدَائِمِ (الَّذِي يَحْتَفِظُ بِمِغْنَطِيسِيَّتِهِ) ؛ لَكِنْ أَيْ قِطْعَةً حديدٍ تَتَمَغْنَطُ عَلَى مَقْرَبَةٍ مِنْ مِغْنَطِيسٍ فَتَكْتَسِبُ قُطْبَيْنِ شَمَالِيًّا وَجَنُوبِيًّا وَتُصْبِحُ مِغْنَطِيسًا. أَوَّلُ اسْتِخْدَامَاتِ المِغْنَطِيسِ كَانِ فِي البُوصَلَةِ المِغْنَطِيسِيَّةِ ؛ وَالْيَوْمَ تُسْتَخْدَمُ المِغْنَطِيسِيَّةُ فِي طَرِيقَاتٍ وَمِجَالَاتٍ مُتَعَدِّدَةٍ.

كُلُّ قِطْعَةٍ مِنَ بَرَادَةِ الحَدِيدِ تَحْوِلُ إِلَى مِغْنَطِيسٍ صَغِيرٍ ؛ وَتَرَاصَقَتْ مَعِ غَيْرِهَا فِي مِجَالِ المِغْنَطِيسِ الْكَبِيرِ.



## حَوْلَ قُضْبِ مِغْنَطِيسِيٍّ

تَتَنَظَّمُ بَرَادَةُ الحَدِيدِ حَوْلَ قُضْبِ المِغْنَطِيسِ فِي نَمَطٍ مُنَظَّمٍ دَائِمًا، مُظْهِرَةً لِمِجَالَهُ المِغْنَطِيسِيّ. تُبَيِّنُ خُطُوطُ المِجَالِ اتِّجَاءَ إِثْرَةِ البُوصَلَةِ عِنْدَ وَضْعِهَا قُرْبَ المِغْنَطِيسِ، إِذْ إِنَّ تَأْثِيرَ المِجَالِ المِغْنَطِيسِيّ لِلْأَرْضِ عَلَيْهَا حِينئِذٍ قَلِيلٌ جَدًّا نِسْبًا لِشِدَّةِ قُرْبِهَا مِنْ قُضْبِ المِغْنَطِيسِ.

## مِغْنَطِيسِيَّةُ الْأَرْضِ

الْمِنْطَقَةُ الْمُحِيطَةُ بِالْمِغْنَطِيسِ وَالتِّي يُتَبَيَّنُ تَأْثِيرُهُ فِيهَا تَسَمَّى مِجَالَهُ المِغْنَطِيسِيّ. وَلِلْأَرْضِ مِجَالٌ مِغْنَطِيسِيٌّ كَمَا لَوْ كَانَتْ فِي دَاخِلِهَا قُضْبٌ مِغْنَطِيسِيٌّ دَائِمٌ. وَيُعْزَى هَذَا الْمِجَالُ إِلَى اللَّبِّ الْمَرْكَزِيِّ الْحَدِيدِيِّ فِي بَاطِنِ الْأَرْضِ.



## البُوصَلَةُ المِغْنَطِيسِيَّةُ

يَتَّخِذُ المِغْنَطِيسُ الْمُرَكَّزُ عَلَى مَخَوَرٍ اتِّجَاهًا شَمَالِيًّا جَنُوبِيًّا بِتَأْثِيرِ الْمِجَالِ المِغْنَطِيسِيّ لِلْأَرْضِ. وَتُسْتَخْدَمُ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ فِي البُوصَلَةِ المِغْنَطِيسِيَّةِ ؛ لَكِنْ عَلَى الْبَحَارَةِ مُرَاعَاةُ أَنَّ البُوصَلَةَ تُشِيرُ فَعَلًا إِلَى الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ المِغْنَطِيسِيّ لِلْأَرْضِ، الَّذِي لَا يَتَطَبَّقُ مَوْقِعُهُ تَمَامًا مَعَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ الْجُغْرَافِيِّ.

## الْأَقْطَابُ

لِكُلِّ مِغْنَطِيسٍ قُطْبَانِ شَمَالِيٍّ وَجَنُوبِيٍّ - تَبَعًا لِاتِّجَاهِ الَّذِي يَتَّخِذُهُ بِالنِّسْبَةِ لِقُطْبِي الْأَرْضِ المِغْنَطِيسِيّ. الْمَعْرُوفُ أَنَّ الْأَقْطَابَ الْمُتَضَادَّةَ تَتَجَادَبُ وَالْأَقْطَابَ الْمُتَمَاثِلَةَ تَتَنَافَرُ. فَالْقُطْبُ الشَّمَالِيُّ لِلْبُوصَلَةِ يَتَّجِهُ نَحْوَ الشَّمَالِ لِأَنَّ نِصْفَ الْكَرَةِ الشَّمَالِيّ ذُو قُطْبِ مِغْنَطِيسِيٍّ جَنُوبِيٍّ. يُمْكِنُ تَبْيَانُ قُوَّةِ التَّجَادُبِ وَالتَّنَافُرِ بَيْنَ المِغْنَطِيسَاتِ بِبَرَادَةِ الْحَدِيدِ.



## الشَّفَقُ الْقُطْبِيّ

يَجْدُبُ الْقُطْبَانِ المِغْنَطِيسِيَّانِ لِلْأَرْضِ الْجُسَيْمَاتِ الْمَشْحُونَةَ الْمُتَبَعَّةَ مِنَ الشَّمْسِ. عِنْدَمَا تَصْدِمُ هَذِهِ الْجُسَيْمَاتِ الْجُسَيْمَاتِ الْغَازِيَّةَ فِي الْحَوِّ يَشْعُ ضَوْءٌ مُلَوَّنٌ. فِي نِصْفِ الْكَرَةِ الشَّمَالِيّ يُرَى عَرَضُ الْأَضْوَاءِ الْمُلَوَّنَةِ الْبَهِيّ هَذَا فِي الْمَنَاطِقِ الْقَرِيبَةِ مِنَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيّ، وَيُدْعَى الشَّفَقُ الشَّمَالِيّ أَوْ «الْفَجْرُ الشَّمَالِيّ» أَوْ الْأَضْوَاءُ الْقُطْبِيَّةُ الشَّمَالِيَّةُ.

وَتَحْدُثُ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ فِي نِصْفِ الْكَرَةِ الْجَنُوبِيّ أَيْضًا.



## الشُّوَاطِطُ الشَّمْسِيّ

بِاسْتِخْدَامِ نِلْسُونِيَّاتٍ خَاصَّةٍ، يَسْتَطِيعُ الْفَلَكَايُونُ تَصْوِيرَ أَنْدَاقَاتِ غَازِ الْهَيْدُرُوجِينِ الْمُتَوَهِّجَةِ عَلَى بُعْدِ مِائَاتِ أَلْفِ الْكِيلُومِتَرَاتِ فَوْقَ سَطْحِ الشَّمْسِ؛ وَتُدْعَى هَذِهِ الشُّوَاطِطُ الشَّمْسِيَّةُ. وَيَحْوِي الْغَارُ الْمُنْدَفِقُ مِنْ هَذِهِ الشُّوَاطِطِ جُسَيْمَاتٍ مَشْحُونَةً مُتَحَرِّكَةً. تَتَأَثَّرُ بِمِغْنَطِيسِيَّةِ الشَّمْسِ الْهَائِلَةِ. فَالشُّوَاطِطُ الشَّمْسِيّ الْهَائِلُ الْمُبِينُ هُنَا يَرْتَفِعُ بِفِعْلِ الْقُوَّةِ المِغْنَطِيسِيَّةِ.



## ماهية المغناطيسية

المعتقد علمياً أنه داخل قطعة من الفولاذ مثلاً، هناك أحوارٌ مُمغنطة فائقة الدقة تُدعى نُطْقاً. تتخذ هذه النُطقُ المُمغنطة اتجاهاتٍ مُتباينة، فيُبطل بعضها مفعول البعض الآخر، وتظلُّ قطعة الفولاذ غيرَ مُمغنطة. أما إذا اتخذت هذه النُطقُ المُمغنطة اتجاهاً مُوحداً، فإنَّ قطعة الفولاذ تُصبحُ مغناطيساً قُطْبُهُ الشمالي في الطرف الذي تتجه نحوه الأقطابُ الشماليَّة لِتلك النُطق؛ ويُصبح الطرف الآخرُ قُطباً جنوبيّاً.



الدَّارَاتُ

المغناطيسيّة

يفقد المغناطيس

مغناطيسيّته تدريجياً

إذا ما تُرك على حاله، لأنَّ نُطقه المُمغنطة قد تنجرف عن مواقعها (بخاصّة إذا سُخِن المغناطيس أو رُج بعنف) وتُفقد تسامتها. ولمنع حدوث ذلك تُوضَع قطعة حديد، تسمى حافظة، بين قُطبي المغناطيس النُصوي (واثنان بين كُلٍّ من القُطبين المُتباينين لِمُغناطيسين مغناطيسيين) بحيث تبقى النُطقُ المُمغنطة في المغناطيس مُشدودة في تسامتها، بعضها إلى بعض في ما يُسمى دائرة مغناطيسيّة. هذه الترتيبة بالحافظات تمنع فقدان المغناطيسيّة.



حافظة

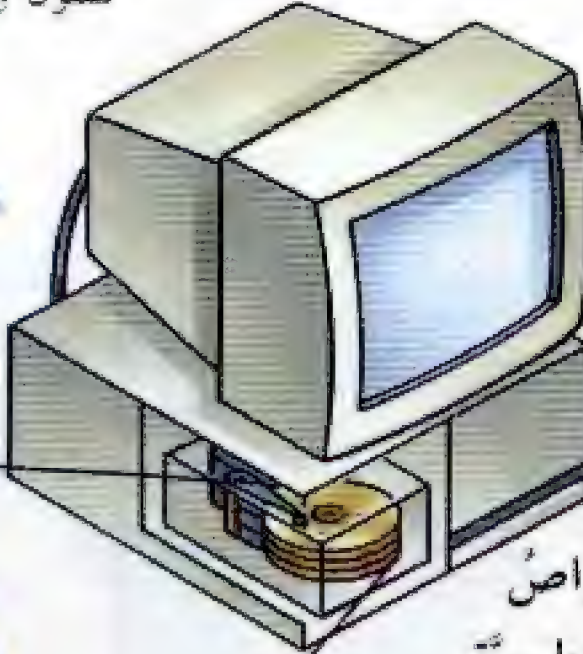
النُطقُ المغناطيسيّة الدقيقة تحتفظ بتراسفها بعضها بالنسبة إلى بعض.

## مغناط البرادات

تُعلّق على البرادات أحياناً بطاقات أو صور، للتذكير أو الزينة، بمغناط صغيرة، فالمغناطيس الصغير يُشدُّ البطاقة أو الورقة أو الدُّمَيّة الصغيرة إلى حديد البراد لأنَّ تأثير القوة المغناطيسيّة يعمل عبر المواد التي لا تمتصّط. في الوقت نفسه يعمل جدار البراد (أو التّلاجة) كحافظة تصون مغناطيسيّة المغناطيس.

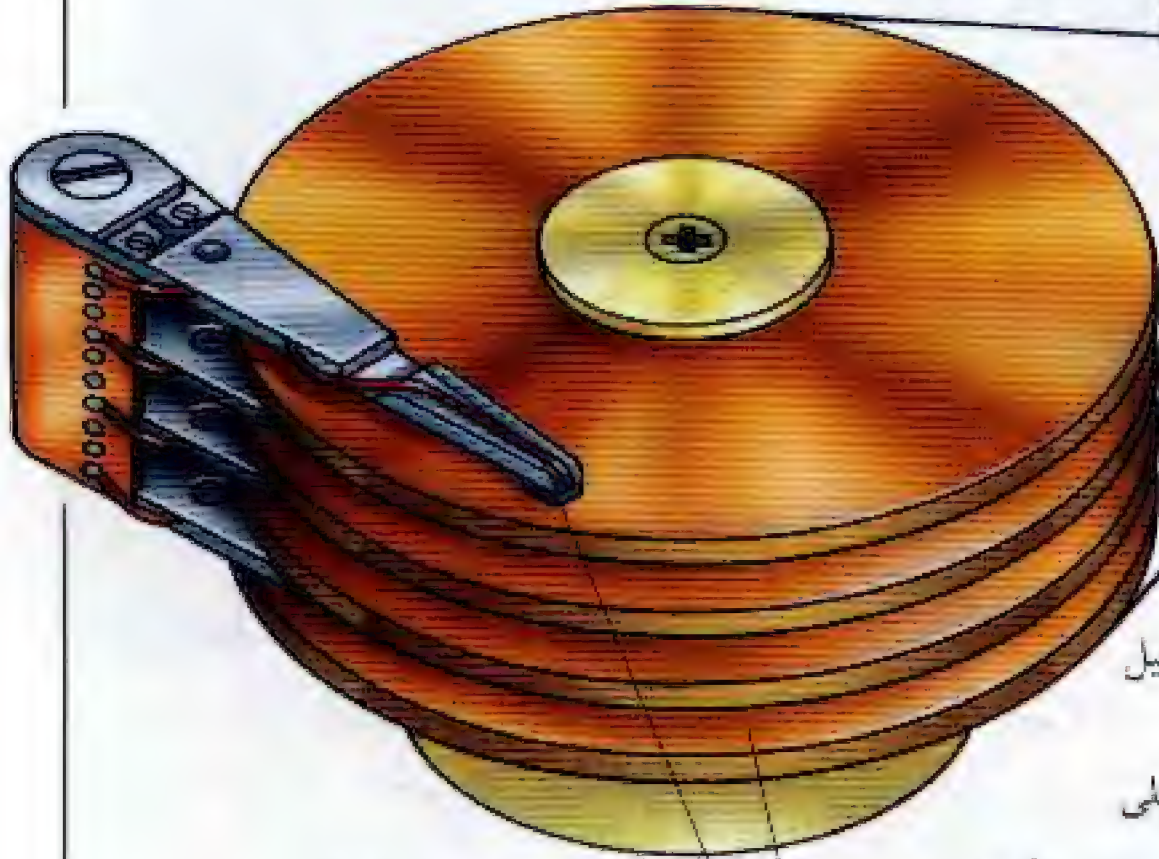


تُخترن المعلومات على الأقراص كنبضات مغناطيسيّة تمثل واحداً (بالوُشَل) أو صِفراً (بالقَطْع).



## الأقراص المغناطيسيّة

تُخترن الحواسيب مُعطيات شتى على أقراصٍ لدائبيّة مطليّة بطبقة قابلة للمُغنط. تُدخل المُعطيات إلى الحاسوب على شكل إشاراتٍ كهربيّة كما في المُسجَلَة الشريطيّة. فيدورم القرص ويُمرّر رأسُ التّسجيل فوق سطحه مُحوّلاً الإشارات الكهربيّة إلى نبضات مغناطيسيّة تُترك المعلومات مُخترنة على القرص كأنماط مغناطيسيّة.

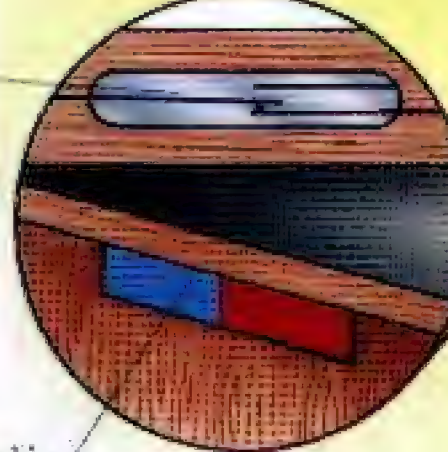


يُنقل رأس القراءة والكتابة الكهرومغناطيسي، بتحكّم الحاسوب، إلى جزء غُفَل من القرص لِتسجيل المعلومات عليه أو إلى الجزء حامل المعلومات لاستعادة ما سُجِّل سابقاً عليه.

تحتوي سَوَاقُ الأقراص رُشّة من الأقراص المغناطيسيّة الجاسية المؤدّية برأس قراءة وكتابة خاص لكل منها.

مِقْلاد ريشي النّصل ذو ريشة حديدية وثلاثين حديد غير موصول (فوق) وثلاثين موصول من معدني لا يتمغنط (تحت).

مغناطيس دائم على الباب يُشدُّ الريشة الحديديّة إلى المِلايس الحديدي غير الموصول عندما يكون الباب مُقفلاً.

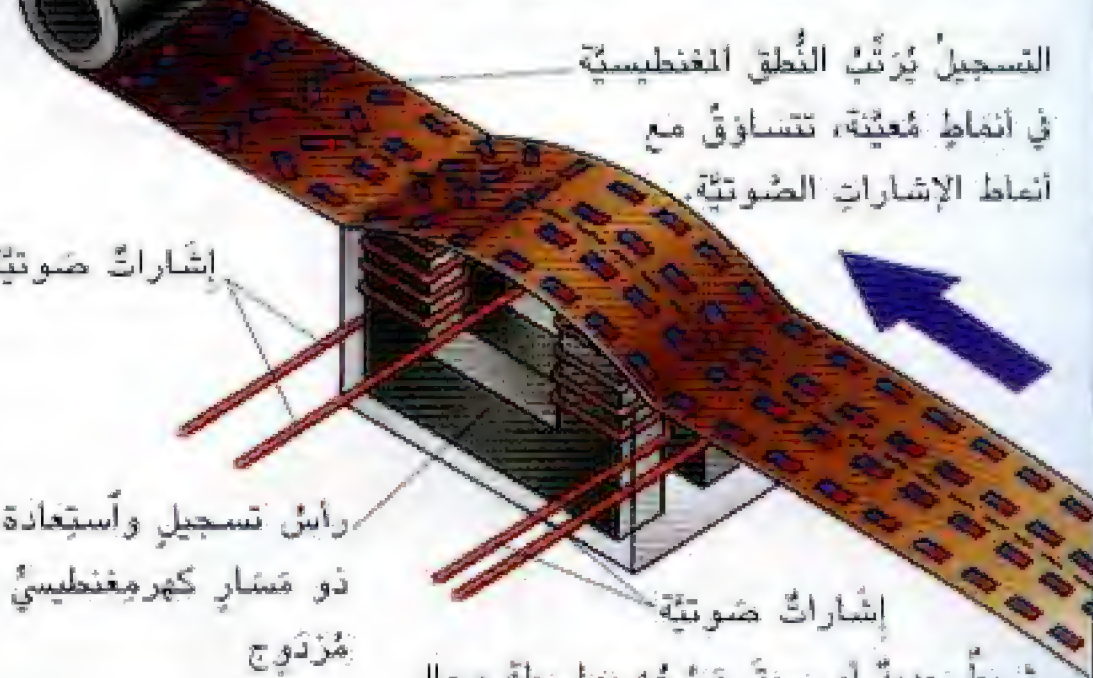


إشارات صوتيّة

رأس تسجيل واستعادة ذو مسار كهرومغناطيسي مُزدوج

## شريط (تسجيل) مغناطيسي

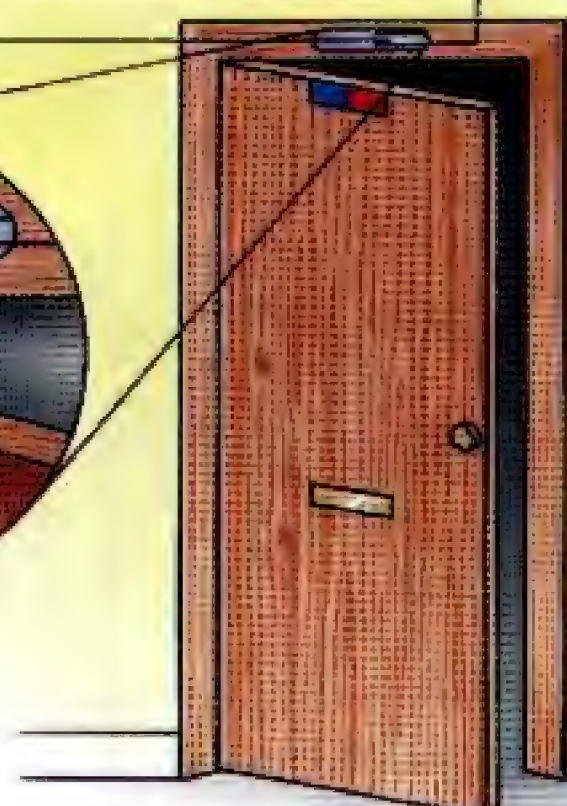
شريط التّسجيل اللدائبي مطلي بطبقة من أكسيد الحديد أو ثاني أكسيد الكروم. يُمكن تسجيل أنماط مغناطيسيّة على الشريط بواسطة رأس تسجيل (واستعادة) يُحوّل الإشارات الصّوتيّة الكهربيّة إلى مجال مغناطيسي مُتغيّر يستحث هذه الأنماط المغناطيسيّة على الشريط. عند الاستعادة يستحث الشريط المُمغنط إشارات كهربائيّة في رأس الاستعادة تعيد إنتاج الأصوات التي سبق تسجيلها.



شريط جديد أو سبق قشحه بواسطة مجال مغناطيسي مُتناوب عالي التردد يُستبدل بالإشارات المُسجَلَة سابقاً على الشريط إشارات غير مسموعة عالية التردد.

## جرس إنذار ضد السطو

يُركّب على أعلى الباب (من الداخل) مغناطيس دائم ومِقْلاد ريشي النّصل على الإطّار. عندما يكون الباب مُقفلاً، تنضمّ شريحتا الحديد المغناطيسيّتان العُلويّتان بتأثير المغناطيس. وعند فتح الباب، يبتعد المغناطيس، فترتدّ الشريحة المركزيّة خلفاً لِتمسّ المِلايس المعدنيّ اللاصقيّ تحتها، مُكسّلة الدّارة الكهربائيّة، فيُقرع جرس الإنذار.

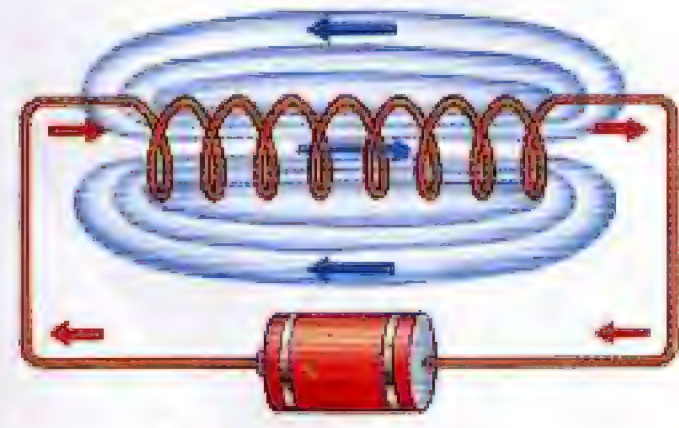


## لمزيد من المعلومات أنظر

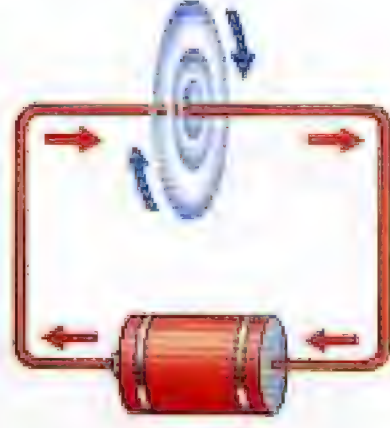
- الفيزياء الانبثاليّة ص ٣٦
- الكهرومغناطيسيّة ص ١٥٦
- المُحرّكات الكهربائيّة ص ١٥٨
- المُولّدات ص ١٥٩
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الشمس ص ٢٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



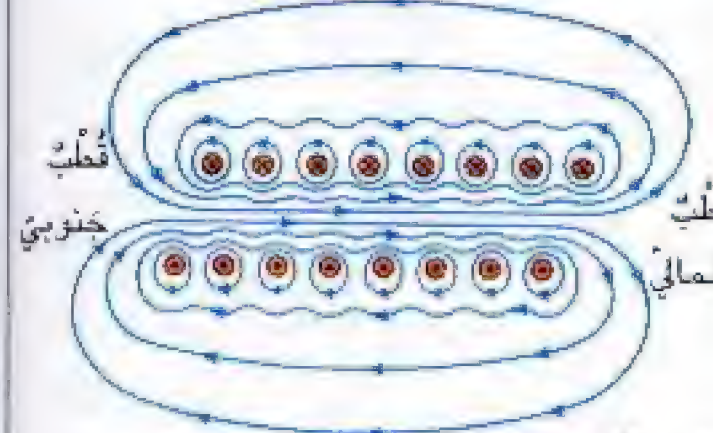
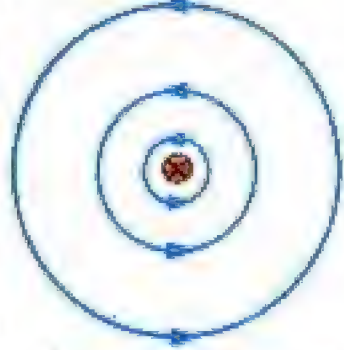
# الكهرمغناطيسية



يُولد التيار الكهربائي مجالاً مغناطيسياً. فإذا كان اتجاه التيار أبعداً عنك، يكون المجال باتجاه عقارب الساعة.

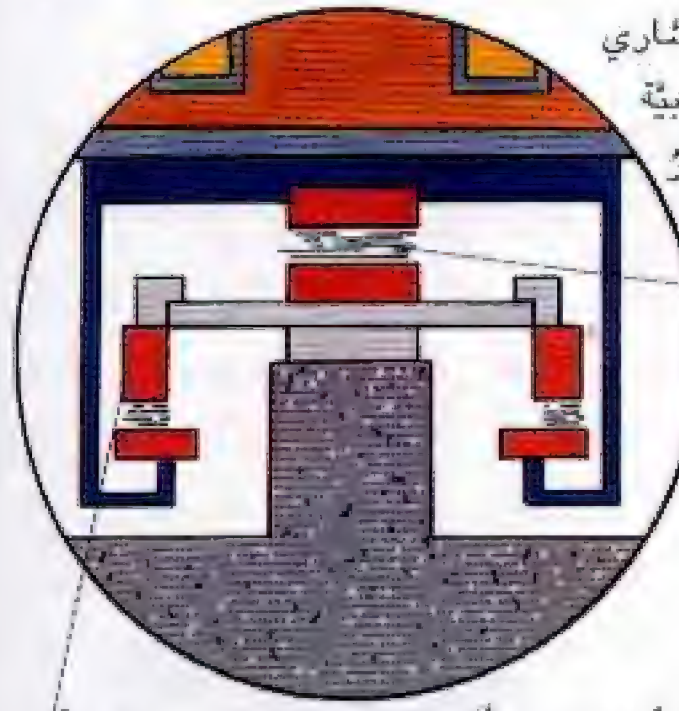


عندما يسري تيار كهربائي في ملف سلكي، يتولد مجال مغناطيسي حوله شبيه بمجال قضيب المغناطيس.



المجال حول ملف سلكي يتولد مجال مغناطيسي حوله سلك يسري فيه تيار كهربائي. ويمكن الكشف عنه باستخدام برادة الحديد أو الوصلة المغناطيسية.

تتحد المجالات المغناطيسية حول لفائف السلكي لتكوّن مجالاً أقوى. وللفائف السلكي قطبان شمالي وجنوبي كقضيب المغناطيس.



تُضبط شدة التيار الساري عبر المغناطيسات الكهربائية أوتوماتيكياً ليبقى القطار سايقاً على العلو الصحيح.

يتصل قضيب سلكي بحويّات مغناطيسات كهربائية بجانب المسار؛ ومغناطيسات القطار الكهربائية تعمل باتجاهيهما.



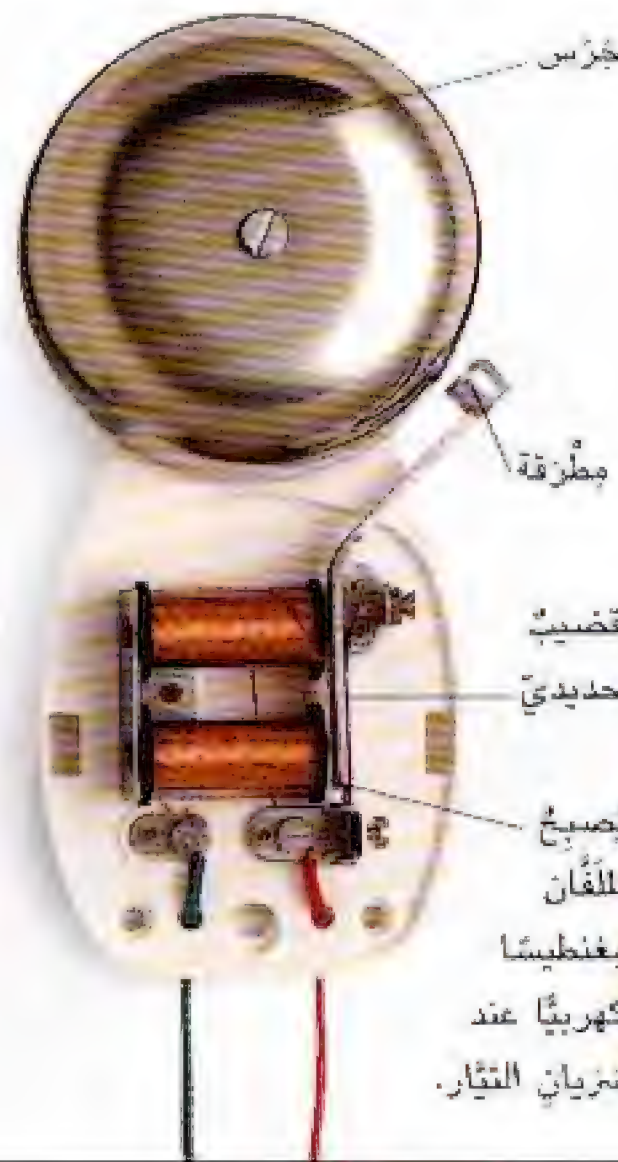
## التوسيد المغناطيسي

توفر قطارات التوسيد المغناطيسي (الطافية مغناطيسياً) رحلة هادئة سلسة. هذه القطارات لا تدرج على سكة حديدية بل «تطفو» فوقها بالتوسيد الكهرمغناطيسي. يسري التيار عبر المغناطيسات الكهربائية في المسار وفي مغناطيسات القطار، فيولد مغناطيسية ترفع القطار عن الخط (بالتوسيد المغناطيسي).

هانز كريستيان أورستد

لاحظ الكيميائي والفيزيائي الدانمركي، هانز كريستيان أورستد (1777-1851)، أثناء تجاربه على بعض الأجهزة الكهربائية، عام 1820، أنه عند

إمرار تيار قوي في سلك انحرفت إبرة البوصلة القريبة منه؛ ولم تعد تشير إلى الشمال. فأدرك أن التيار الكهربائي ولد مغناطيسية أثرت على اتجاه الإبرة؛ وهكذا اكتشف أورستد العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية (الكهرمغناطيسية).



## سقاطة (مزلاج) الباب

يمكنك فتح الباب الخارجي من غير موقعه إذا كان مجهّزاً بسقاطة كهرمغناطيسية يتحكّم بها ملفّ لولبي. فعند كبس زر من داخل البيت، يسري التيار عبر الملفّ اللولبي، ويولد مغناطيسية تسحب السقاطة الحديدية إلى داخل الملفّ، فيتمكّن الزائر من فتح الباب. بعدئذٍ يُعيد نابض خاصّ السقاطة ليرتج الباب.

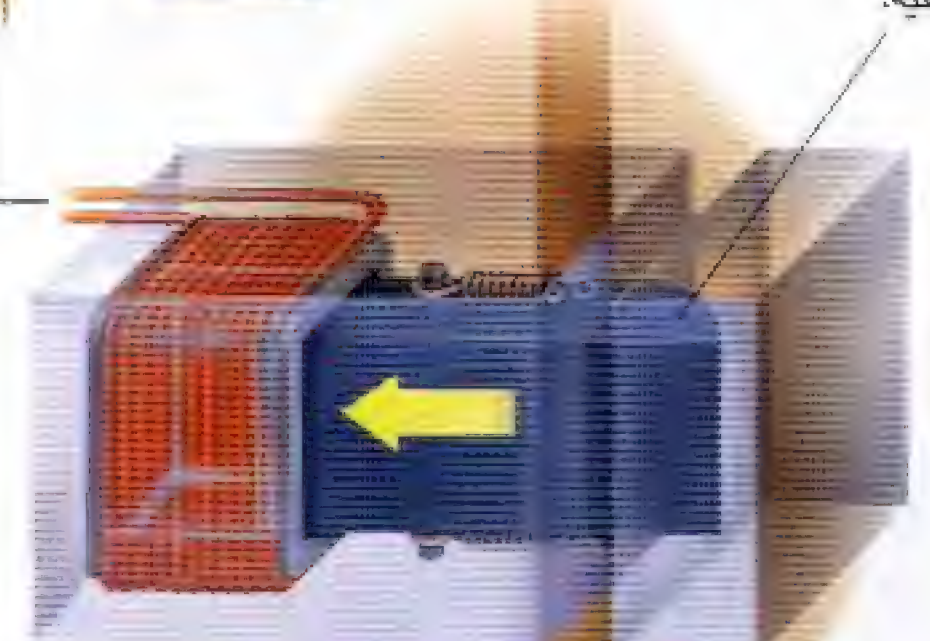
## جرس الباب

جرس الباب الكهربائي يعمل بالكهرمغناطيسية (الكهرمغناطيسية). فعندما يرنّ زائر الجرس، يسري التيار عبر المغناطيس الكهربائي، فينجذب، بسحبه المغناطيسية، قضيب حديدي متصل ببطرقة وتقرع الجرس. حركة القضيب المطرفي هذه تقطع الدارة، فتزول مغنطة المغناطيس الكهربائي ويرتد القضيب الحديدي إلى موقعه معيداً وصل الدارة. وتكرّر هذه العملية بسرعة بحيث يُسمع رنين الجرس متواصلًا.



قبل أن تكبس الزر لفتح سقاطة الباب الكهرمغناطيسية، تتصل أولًا بالهاتف الداخلي لتعرف هوية الزائر.

تتسحب السقاطة إلى داخل الملفّ عندما يسري التيار فيه.





مِغْنَطِیسْ گھری

تَرَدُّدًا قُوَّةُ الْمَجَالِ الْمَغْنَطِيسِيِّ لِلْمَلْفِ بَوْضِعِ  
 قَلْبٍ حَدِيدِيٍّ دَاخِلَهُ . فَإِذَا لَفَقَتْ مِثْلًا ، عِدَّةُ  
 لَفَافٍ مِنْ سِلْكٍ نَحَاسِيٍّ مَعْزُولٍ حَوْلَ مُسَمَّارٍ  
 حَدِيدِيٍّ ، تَحْصُلُ عَلَى مَغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيٍّ قَوِيٍّ .  
 وَمِنْ الضَّرُورِيِّ أَنْ يَكُونَ السِّلْكُ مَعْزُولًا كَيْ لَا  
 يَنْخَطِّي النَّيَّارُ اللَّفَافَ السِّلْكِيَّةَ وَيَمُرَّ فِي  
 الْمَسَامِرِ . وَصُلِّ مَغْنَطِيسُكَ الْكَهْرِبَائِيَّ بِبَقْلَارِيَّةِ  
 مِصْبَاحٍ جَيِّبٍ ، وَاخْتَبِرْهُ بِالتَّقَاطِ أَجْسَامِ  
 حَدِيدِيَّةٍ أَوْ فُولَادِيَّةٍ صَغِيرَةٍ بِهِ .

عند وصل الملف بالبطارية يصبح  
المشمار مُغْنَطًا ويستطيع التقاط مشابك  
الورق وديناميس الرسم القَوْلَانِيَّة.

جراحة العين

يُستخدَم طَبِيبُ الْعُيُونِ مُغْنِطِيسًا  
كَهْرَبِيًّا لِإِزَالَةِ شَطِيئَةِ قَوْلَادِيَّةٍ مِنْ عَيْنِ  
مُصَابَةٍ. فَبَعْدَ تَرْكِيزِ الْمَغْنِطِيسِ  
الْكَهْرَبِيِّ فِي الْمَوْقِعِ الصَّحِيحِ، يَمُرُّ  
تَيَّارٌ كَهْرَبِيًّا عَبْرَهُ، فَتَجْدُبُ  
الْمَغْنِطِيسَةُ الشَّطِيئَةَ مِنَ الْعَيْنِ.

تُرْسِلُ ذَبَابٌ الٰهِيَّةُ  
الْمَخْرُومِيْنَ اِشَارَاتٍ  
صَوْتُهُ غَيْرُ السَّوَاءِ .

بأستخدام المغنطيس الكهربى يستطيع  
الطبيب إزالة شظية بسرعة ودقة أكثر  
من إزالتها يدوياً.

## مُعيارُ الوقود في السيّارة

يُقيسُ الكهرمغناطيسيةُ لسائقِ السيارةِ مقدارَ الوُثُودِ المُتَبَقِّيِ لديه. في  
مِقياسِ الوُثُودِ يُرَكِّزُ مِغْنَطِيسُ كَهْرَبِيٍّ داخلَ مِغْنَطِيسٍ دائمٍ، وعندما  
يَسْرِي تيارٌ عِبرَ المِغْنَطِيسِ الكَهْرَبِيِّ يَنْعِطُ هذا، نحو المِغْنَطِيسِ  
الدائمِ، بِمِقدَارٍ يَعتَمِدُ على شِدَّةِ التَّيارِ. في داخلِ خِزانِ الوُثُودِ،  
تَحْرُكُ عامَّةٌ مُقاوِمًا مُتَغَيِّرًا يَحْكُمُ سَريَانَ التَّيارِ  
في مِقياسِ الوُثُودِ. فعندما يَكونُ مُستوى  
الوُثُودِ عالِيًا، يَسْرِي تيارٌ عالٍ مُسَبِّبًا انْحرافًا  
كَبِيرًا في مُؤَشِّرِ المِقياسِ.

رُ الْعُقُوب



تعالیٰ

تَضَيُّعُ الْعَامَّةِ  
وَضَعْفُ الْقَاوِمِ  
الْمُتَعَمِّرِ

بطارية

يُمْغِطُ التَّيَّارُ الْمَلْفَ  
مُسْتَبَا تَحْرُونَ الْمَوْشَى

مَكَّةُ الْيَمْعِ

كما تولّد الكهرباء مغنطيسيّة، كذلك يُمكن للمغنطيسيّة أن تولّد كهرباء. ونُستخدم هذه الظاهرة لتعرّف القطع النقيّة في مكّات البيع. في هذه المكنة تمرّ القطعة النقيّة عبر مجال مغنطيسيّ يستحثّ تياراً كهربائياً دَوامياً فيها. وهذا التيار يُولّد بدوْرهُ مجالاً مغنطيسياً يُبطلُ حركة القطعة النقيّة.

القطع النقيّة الأصليّة تُبطلُ بالقدر الصحيح لتُسَقَط في قِسم تالي من المكنة، أمّا القطع الزائفة فَتُسَقَط في مَرزَلِق الرّفص.

تُبَدَّلُ بِعَظْمٍ الْقِطْعُ  
الْبَقْدِيَّةِ الزَّائِفَةِ الْمَعْدِنِ  
أَكْثَرَ مِنَ الْأَصْلِيَّةِ،  
فَتَسْقُطُ فِي مَسَرِّبِ  
الرَّقِصِ.

تُجَبُّ القَطْعُ النَفْدِيَّةُ الصَّحِيحَةُ  
المعدن بِالْقَدْرُ الَّذِي يُمَكِّنُهَا مِنْ  
تَحْطِي مَسْقِطِ الرُّفْصِ إِلَى قِسْمِ  
التَّدْقِيقِ التَّالِي فِي الْمَكْتَبَةِ.

مِلْفُ سِلْكِي يَشْرِي  
فِيهِ تَيَّارٌ مُتَغَيِّرٌ

المِجْهَارُ (مُكَبِّرُ الصَّوْتِ)

يُحوَّلُ المِجْهَارُ الإِشَارَاتِ الكَهْرَبَائِيَّةَ إِلَى  
أَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ. تَمُرُّ الإِشَارَاتُ عَبْرَ وَلَفِّ  
خَوَلٍ رَقِيَّةٍ بَوَاقٍ مَخْرُوطِيٍّ وَرَقِيٍّ، يَعْصَلُ  
كِمَغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيٍّ، عَلَى مَقْرَبَةٍ مِنْ مَغْنَطِيسٍ  
دَائِمٍ قَوِيٍّ. عِنْدَمَا يَسْرِي التَّيَّارُ فِي اتِّجَاهِ  
مُعَيَّنٍ، تَدْفَعُ الْقُوَى المِغْنَطِيسِيَّةُ البَوَاقَ  
المَخْرُوطِيَّ والمَغْنَطِيسَ الكَهْرَبِيَّ إِلَى  
الخَارِجِ. وَعِنْدَمَا يَسْرِي التَّيَّارُ فِي الِاتِّجَاهِ  
المُضَادِّ، يَنْجَذِبُ البَوَاقُ المَخْرُوطِيَّ إِلَى  
الْمَذَاخِلِ؛ وَذَبْذَبَاتُ البَوَاقِ المَخْرُوطِيَّ هَذِهِ  
تُؤَلِّدُ أَمْوَاجًا صَوْتِيَّةً.

## كاشِفُ الْفَلِزَاتِ

في بعض المطارات، قد يتوجب عليك المرور  
عبر مجازٍ قنطريٍّ كاشِفٍ للفلِزَّاتِ في طريقك إلى  
الطائرة. توجد داخل المجازِ ملفَّاتٌ سلكيَّةٌ كبيرة  
تحمِلُ تيارًا كهربائيًا. فإذا عبَّرَ شخصٌ يحمِلُ  
مُسَدَّسًا مثلاً، يُغيَّرُ فِلِزُّ المُسَدَّسِ كهرومغناطيسيَّةً  
الملفَّاتِ؛ فيكتشفُ المجازُ هذا  
التغيُّرَ ويُطلِّقُ الإنذارَ.

لمزيد من المعلومات انظر

الكهرباء التيارية ص ١٤٨

المُعْتَلِيَّة ص ١٥٤

الصُّرُوت ص ١٧٨  
حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# المُحَرِّكَاتُ الكَهْرَبَائِيَّةُ

تُشيرُ الإبهامُ إلى  
اتِّجاهِ حَرَكَةِ السُّلْكِ.

تُشيرُ السَّبَّابَةُ إلى اتِّجاهِ  
المِجَالِ المِغْنَطِيسِيِّ

تُشيرُ الوَسْطَى  
إلى اتِّجاهِ التَّيَّارِ  
الكَهْرَبَائِيِّ.

## قَاعِدَةُ اليَدِ الْيُسْرَى

يُمْكِنُكَ تَحْدِيدُ اتِّجَاهِ الحَرَكَةِ لِسُلْكٍ  
يَحْمِلُ تَيَّارًا كَهْرَبَائِيًّا فِي مِجَالٍ  
مِغْنَطِيسِيٍّ بِتَطْبِيقِ قَاعِدَةِ اليَدِ الْيُسْرَى  
لِقَلَمِئِشٍ. إِجْعَلِ الإِبْهَامَ وَالسَّبَّابَةَ  
وَالْوَسْطَى مِنْ أَصَابِعِ يَدِكَ الْيُسْرَى فِي  
وَضْعٍ مُتَعَامِدٍ إِحْدَاهَا مَعَ الْآخَرَتَيْنِ،  
كَمَا هُوَ مُبَيَّنٌ فِي الشَّكْلِ.

الكثيرُ من المَكِنَاتِ الَّتِي نَسْتَخْدِمُهَا يَوْمِيًّا تُشْغَلُ بِمُحَرِّكِ كَهْرَبَائِيِّ.  
هُوَ مُحَرِّكٌ يَحْوِلُ الطَّاقَةَ الكَهْرَبَائِيَّةَ إِلَى حَرَكَةٍ اعْتِمَادًا عَلَى حَقِيقَةٍ أَنَّ  
السُّلْكَ حَامِلَ التَّيَّارِ يُؤَلِّدُ مِجَالًا مِغْنَطِيسِيًّا؛ وَهُوَ، فِي مِجَالٍ  
مِغْنَطِيسِيٍّ آخَرَ، يَتَعَرَّضُ لِقُوَّةٍ يُمَكِّنُ أَنْ تُنتِجَ حَرَكَةً. الْمُحَرِّكَاتُ  
الكَهْرَبَائِيَّةُ مَصَادِرُ قُدْرَةٍ مُرِيحَةٍ لِأَنَّهَا نَظِيفَةٌ وَهَادِئَةٌ نَوْعًا، وَمُتَعَدِّدَةٌ  
الاسْتِعْمَالَاتِ. لِذَا تُسْتَخْدَمُ فِي تَشْغِيلِ الغَسَّالَاتِ وَالخَلَّاطَاتِ  
والمُسْجَلَاتِ الْفِيدْيُوِيَّةِ وَمَعَارِيفِ الْأُسْطُوَانَاتِ وَغَيْرِهَا. كَمَا تُسْتَخْدَمُ  
السَّيَّارَاتُ مُحَرِّكَاتٍ كَهْرَبَائِيَّةً لِبَدْءِ الحَرَكَةِ وَتَشْغِيلِ مَسَاحَاتِ  
الزُّجَاجِ. لَكِنَّ قِلَّةً مِنَ السَّيَّارَاتِ فَقَطْ تَعْمَلُ بِمُحَرِّكَاتٍ كَهْرَبَائِيَّةٍ، لِأَنَّ  
البَطَارِيَّةَ مِنْ حَجْمٍ عَمَلِيٍّ مَعْقُولٍ لَا تَسْتَطِيعُ اخْتِزَانُ طَاقَةٍ كَافِيَةٍ لِتَسْيِيرِ  
سَيَّارَةٍ عَصْرِيَّةٍ مَسَافَاتٍ طَوِيلَةٍ.

## جوزيف هنري

الفيزيائي الأمريكي جوزيف هنري (1797-1857)  
قام باكتشافات مهمة في مجالات الكهرومغناطيسية.  
فحسّن تصميم المغناطيس الكهربائي، وصنع أول  
محرك كهربائي عام 1829، استطاع



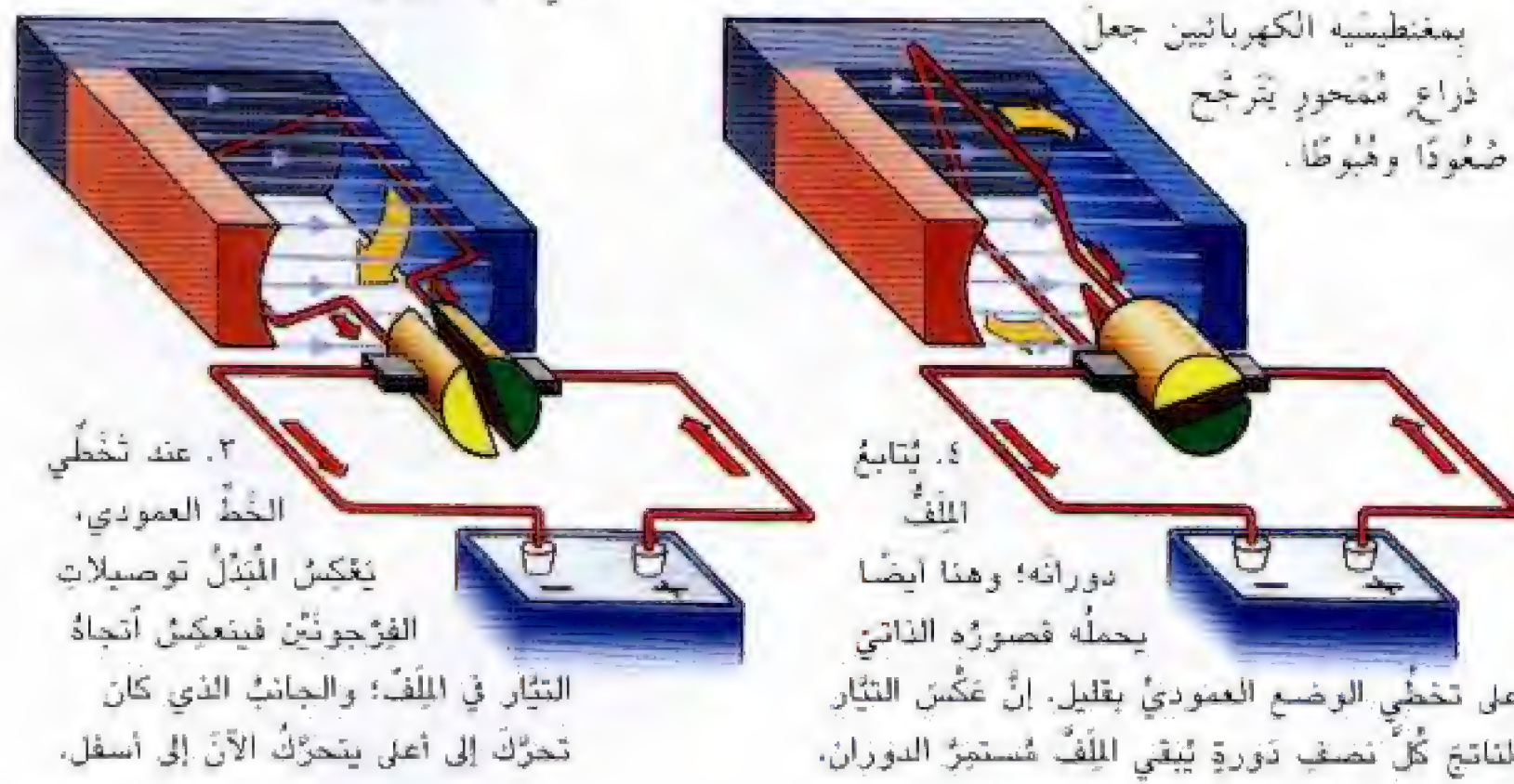
بمغناطيسية الكهربائيين جعل  
ذراع مُنَحْوَرٍ يَتَرَجَّحُ  
صُعُودًا وَهَبُوطًا.



1. يَشْرِي التَّيَّارُ فِي الْمِلْفِ،  
فَيَتَدَفَّقُ جَانِبُهُ الْأَيْمَنُ إِلَى أَسْفَلٍ  
وَجَانِبُهُ الْأَيْسَرُ إِلَى أَعْلَى، بِتَأْثِيرِ المِجَالِ المِغْنَطِيسِيِّ  
لِلْمِغْنَطِيسِ الدَّائِمِ وَفَقْلًا لِقَاعِدَةِ اليَدِ الْيُسْرَى لِقَلَمِئِشٍ.

## مُحَرِّكٌ بَسِيطٌ

فِي الْمُحَرِّكِ الكَهْرَبَائِيِّ البَسِيطِ يَتَمَّ إِمْدَادُ الْمِلْفِ  
بَتَيَّارٍ مُسْتَمِرٍّ مِنْ قَضِيْبِي كَرْبُونٍ قَصِيرَيْنِ هُمَا  
الْفَرِجَوْنَانِ. يَقَعُ الْمِلْفُ بَيْنَ قُطْبَيْ مِغْنَطِيسٍ  
دَائِمٍ شَمَالِيٍّ وَجَنُوبِيٍّ، حَيْثُ يَعْمَلُ تَأَثُّرُ مِجَالِي  
الْمِلْفِ وَالْمِغْنَطِيسِ الدَّائِمِ عَلَى دَفْعِ الْمِلْفِ  
لِلدُّورَانِ. وَلِتَوَاصِلَةِ الدُّورَانِ، يُعْكَسُ اتِّجَاهُ  
التَّيَّارِ فِي الْمِلْفِ كُلِّ نِصْفِ دَوْرَةٍ بِوَاسِطَةِ  
عَاكِسٍ لِلتَّيَّارِ يُدْعَى الْمُبَدِّلُ. وَبِالدُّورَانِ الْمِلْفِ  
الْمُسْتَمِرِّ، يُدَارُ الْمُحَرِّكُ.



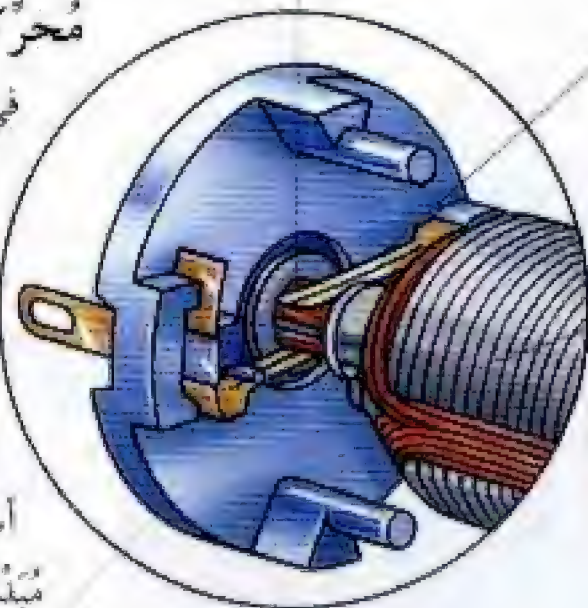
3. عِنْدَ شَحْطِي  
الْحُطِّ العَمُودِيِّ،  
يَتَعَكَّسُ الْمُبَدِّلُ تَوَصِيلَاتِ  
الْفَرِجَوْنَيْنِ فَيُعْكَسُ اتِّجَاهُ  
التَّيَّارِ فِي الْمِلْفِ؛ وَالْجَانِبُ الَّذِي كَانَ  
تَحْرُكًا إِلَى أَعْلَى يَتَحْرُكُ الْآنَ إِلَى أَسْفَلِ.

4. يَتَابِعُ  
دَوْرَانَهُ؛ وَهَذَا أَيْضًا  
يَحْمِلُهُ قُصُورُهُ الدَّائِي  
عَلَى تَحْطِي الوَضْعِ العَمُودِيِّ بِقَلِيلٍ. إِنَّ عَكْسَ التَّيَّارِ  
النَّاتِجَ كُلِّ نِصْفِ دَوْرَةٍ يُبْقِي الْمِلْفَ مُسْتَمِرًّا الدُّورَانِ.

يَتَلَقَّى الْمُبَدِّلُ الكَهْرَبَاءُ مِنَ الْفَرِجَوْنَيْنِ فَيَجْعَلُ  
الْمِلْفَاتِ السُّلْكِيَّةَ تَتَابِعُ دَوْرَانَهَا فِي الْإِتِّجَاهِ الصَّحِيحِ.

## مُحَرِّكَاتُ مُتَعَدِّدَةِ الْأَقْطَابِ

فِي الْمُحَرِّكِ البَسِيطِ، تَكُونُ قُوَّةُ التَّدْوِيرِ لِمِلْفٍ  
يَحْمِلُ تَيَّارًا هِيَ الْأَشَدُّ عِنْدَمَا تَكُونُ لِقَائُهُ  
مُسَامَةً مَعَ المِجَالِ المِغْنَطِيسِيِّ،  
وَالْأَضْعَفُ عِنْدَمَا تَكُونُ لِقَائُهُ مُتَعَامِدَةً مَعَ  
هَذَا المِجَالِ. لَكِنَّ مُعْظَمَ الْمُحَرِّكَاتِ  
الكَهْرَبَائِيَّةِ تَحْوِي عِدَّةَ مِلْفَاتٍ تُنتِجُ قُوَّةَ تَدْوِيرٍ  
أَسْلَسَ. وَتُعَدَّى التَّيَّارُ إِلَى الْمِلْفَاتِ بِوَاسِطَةِ  
مُبَدِّلٍ مُتَعَدِّدِ الْقُطْبِ.



شَرَائِعُ فَلْزِيَّةِ تُوَصِّلُ الْمَدَّةَ  
الكَهْرَبَائِيَّةَ مِنْ حُطِّ السُّكَّةِ إِلَى  
مُبَدِّلِ الْمُحَرِّكِ.

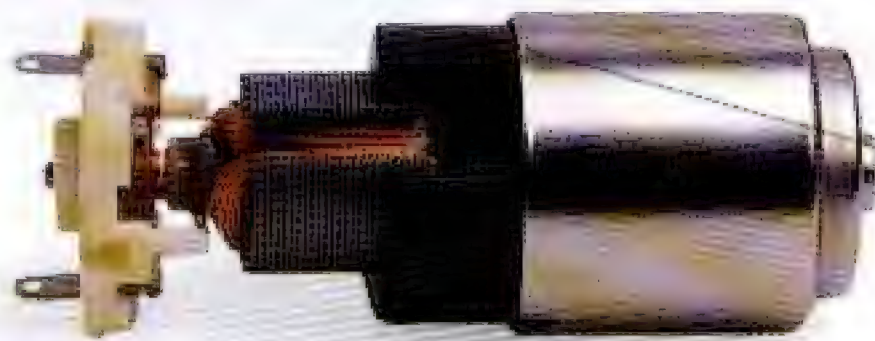
الْمِلْفَاتُ الْمَلْفُوفَةُ حَوْلَ  
قُلُوبٍ حَدِيدِيَّةٍ تَعْمَلُ  
كَمِغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيَّةٍ، وَهِيَ  
تَوْصُلَةٌ بِمُبَدِّلِ الْمُحَرِّكِ.



دَوَالِيْبُ الْقَاطِرَةِ النَّمُودَجِ  
تَتَلَقَّى الْمَدَّةَ الكَهْرَبَائِيَّةَ مِنْ حُطِّ السُّكَّةِ الْمُكْهَرَّبِ.

## الْقَاطَرُ النَّمُودَجِ

يُسَيَّرُ مُحَرِّكُ كَهْرَبَائِيٍّ هَذِهِ الْقَاطِرَةِ النَّمُودَجِ. فَتَلَقَّى  
دَوَالِيْبُهَا الكَهْرَبَاءُ مِنْ حُطِّ السُّكَّةِ الْمُكْهَرَّبِ بِوَاسِطَةِ  
أَسْلَاقٍ تُصِلُ الدَوَالِيْبَ بِشَرَائِعِ فَلْزِيَّةٍ ثَلَاثِيَّةٍ مُبَدِّلٍ  
الْمُحَرِّكِ. هُنَالِكَ وَحْدَةً تَحْكُمُ يُمَكِّنُهَا تَغْيِيرُ الْفَلْطِيَّةِ  
الَّتِي تُغَدِّي بِهَا حُطَّ السُّكَّةِ، وَبَارْتِفَاعِ الْفَلْطِيَّةِ يَشْتَدُّ  
المِجَالُ المِغْنَطِيسِيٍّ لِمِلْفَاتِ الْمُحَرِّكِ؛ وَهَذَا يَعْنِي  
دَوْرَانًا أَسْرَعَ لِلْمُحَرِّكِ وَزِيَادَةً فِي سُرْعَةِ الْقَاطِرَةِ.



9. مِغْنَطِيسٌ دَائِمٌ يُؤَلِّدُ  
مِجَالًا مِغْنَطِيسِيًّا  
تُدْوِمُ فِيهِ الْمِلْفَاتُ  
السُّلْكِيَّةَ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- القُوَّةُ وَالْحَرَكَةُ ص ١٢٠
- المُحَرِّكَاتُ ص ١٤٣
- الكَهْرَبَاءُ التَّيَّارِيَّةُ ص ١٤٨
- الكَهْرَمِغْنَطِيسِيَّةُ ص ١٥٦
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠



# المولدات

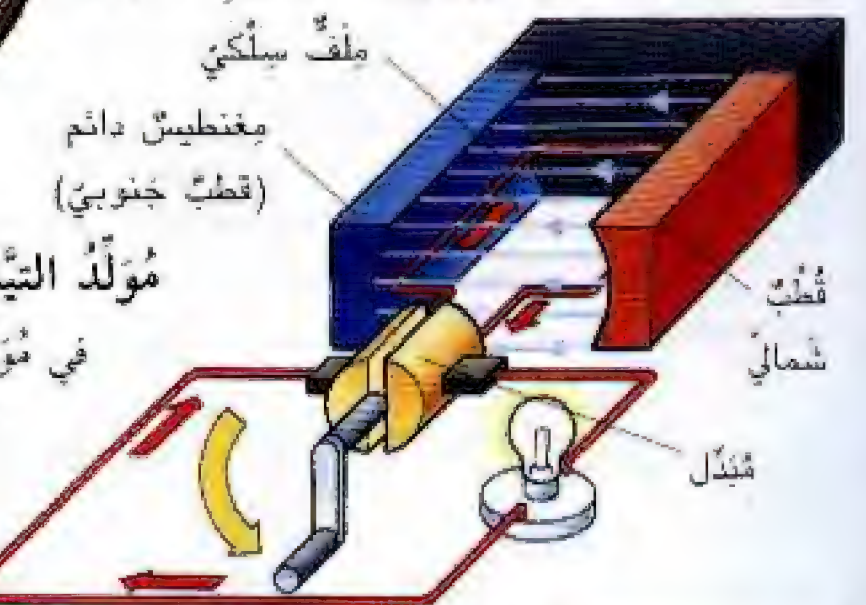
تُشيرُ الإبهامُ إلى  
اتجاه الحركة.

تُشيرُ السَّبَّابةُ إلى  
اتجاه المجال  
المغناطيسي.

تُشيرُ الوُسْطَى إلى اتجاه  
جريان التيار المتولد.

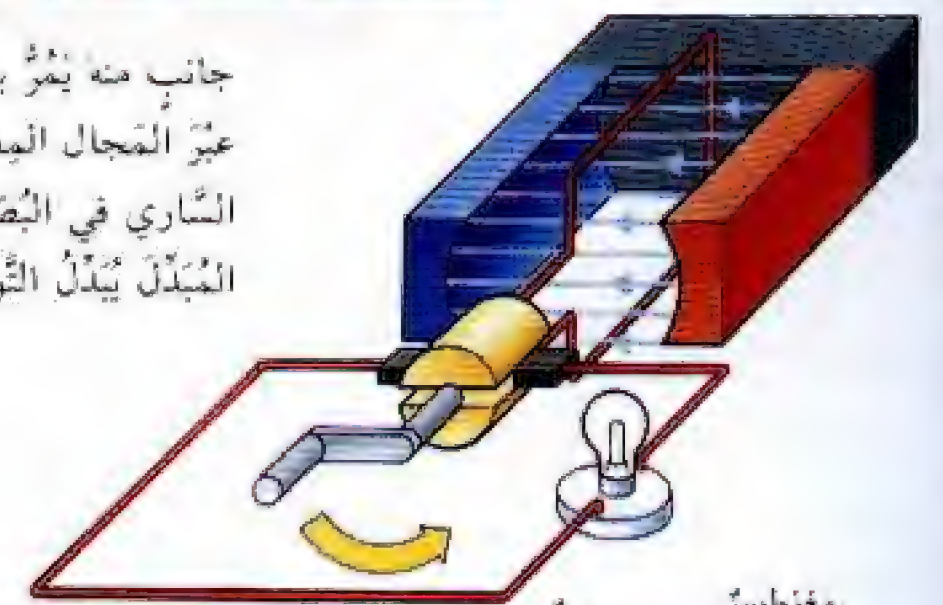
## قاعدة اليد اليمنى

بمُحكِّك تحديد اتجاه سريان التيار المتولد في موصل عندما يتحرك عبر مجال مغناطيسي بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لفلمنج. ففي وضع التعامد الثلاثي لأصابع اليد اليمنى كما هو مبين، تُشيرُ الإبهامُ إلى اتجاه الحركة، والسَّبَّابةُ إلى اتجاه المجال، والوُسْطَى إلى اتجاه التيار المتولد.



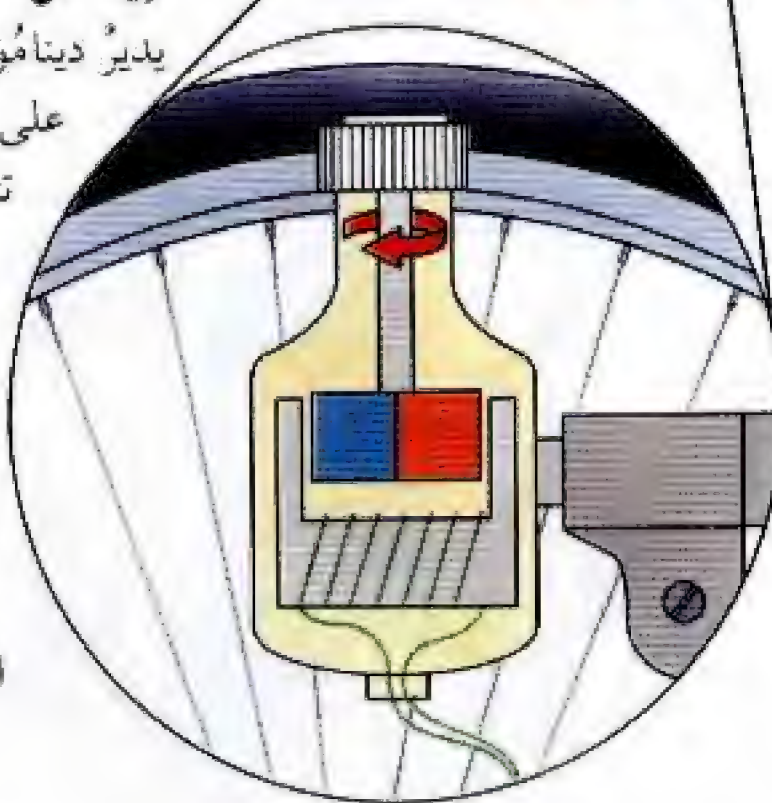
## مولد التيار المستمر

في مولد التيار المستمر هذا، يُدار الملف بين قطبي مغناطيس دائم؛ فيعكس اتجاه التيار المتولد في الملف كل نصف دورة، لأن كل جانب منه يمر بالتناوب صعودًا ثم هبوطًا عبر المجال المغناطيسي. وهكذا فإن التيار الساري في البُصْبِلَة هو تيار مُستَمِر، لأن المُبدِّل يبدِّل التوصيلات كل نصف دورة.



## دينامو الدراجة

يدير دينامو الدراجة دولاب صغير مُضَرَّس يُضَعَط على إطار عجلة الدراجة الخلفية. فعندما تتحرك الدراجة، تدور العجلة ويدور معها دولاب الدينامو المُضَرَّس مُدَوِّمًا مغناطيسيًا دائمًا قُربَ ملف ملفوف حول قلب حديدي. وبفعل تغير المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم، تتولد الكهرباء في أسلاك الملف - أي إن التأثير الكهرومغناطيسي استحثَّ فُلطِيَّةً في الملف.



## المُتَوَب

المولد الذي يُنتج تيارًا مُتَرَدِّدًا يُدعى المُتَوَب. ففي النموذج البسيط المُقابل، يُدَوِّمُ ملفٌ سلَكِيٌّ بين قطبي مغناطيس دائم؛ فيتولد تيار في السلك يُحْمَلُ إلى البُصْبِلَة بواسطة فيرجوني الكربون. ويتناوب التيار الساري في الملف والبُصْبِلَة (مُعَيَّرًا اتجاهه) باستمرار، فيسمى تيارًا مُتَنَاطِبًا أو مُتَرَدِّدًا.



يتولد التيار المُستَمِرُّ في نبضات  
تُشْري باتجاه واحد فقط.

يتولد التيار المُتَنَاطِبُ في تموجات تُشْري  
أولًا باتجاه، ثم في الاتجاه المُعَاكِس.



## ميكروفون ذو ملف متحرك

يُولد الميكروفون إشارات كهربائية من الأمواج الصوتية. ففي الميكروفون ذي الملف المتحرك، تصدم الأمواج الصوتية الرق فتتهزّ ملفًا موضَّعًا بين قطبي مغناطيس دائم. وهكذا فإن الفُلطِيَّة المُستَحَثَّة في الملف تتغير شدة وترددًا تبعًا لشدة وتردد الأمواج الصوتية.

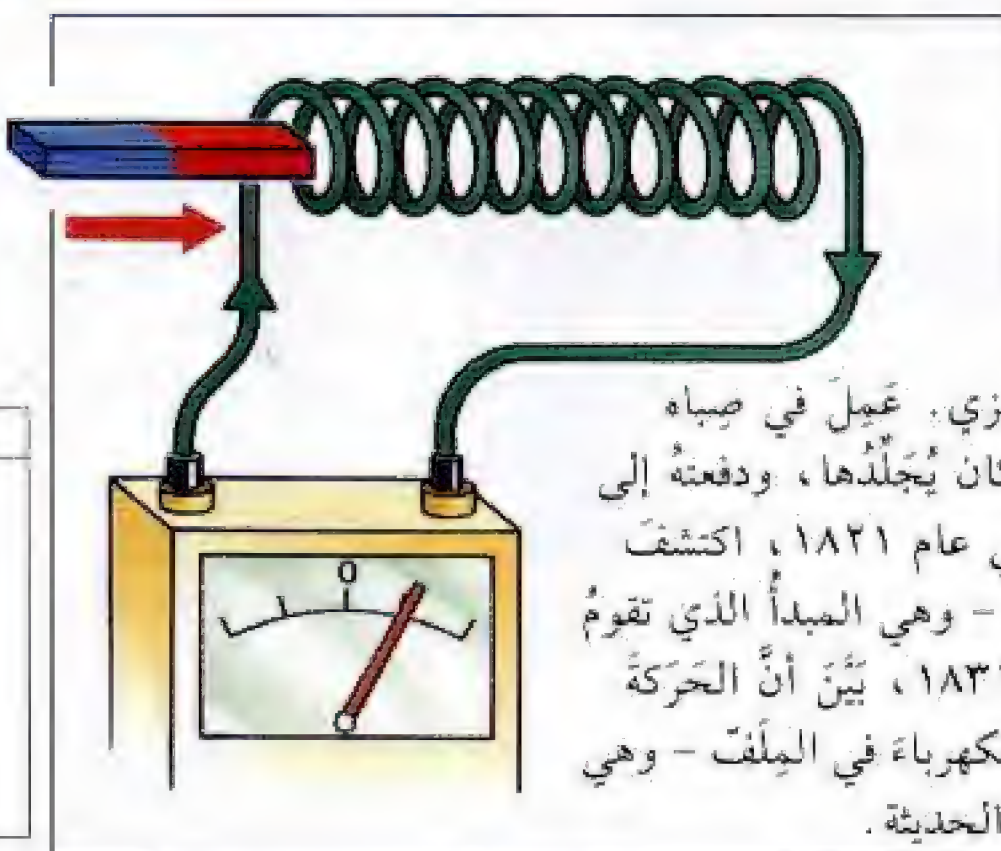
## مايكل فارادي

مايكل فارادي (١٧٩١-١٨٦٧) ابن حداد إنكليزي. عمل في صباه كمُجلِّد كُتُب؛ فأشتهرته الكُتُب العلمية التي كان يُجلِّدها، ودفعته إلى دراسة الفيزياء فأنجز فيها أكتشافات عدَّة. في عام ١٨٢١، اكتشف فارادي إمكانية إنتاج حركة دورانية بالكهرباء - وهي المبدأ الذي تقوم عليه المُحرَّكات الكهربائية اليوم. وفي عام ١٨٣١، بيَّن أن الحركة التُشْبِيَّة بين مغناطيس وملف يُمكنها أن تَسْجَحَّ الكهرباء في الملف - وهي الفكرة التي أدت إلى إنتاج المُولدات الكهربائية الحديثة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الطاقة النووية ص ١٣٦
- المُحرَّكات ص ١٤٣
- الكهرومغناطيسية ص ١٥٦
- أحداث الصوت وسَماعه ص ١٨٢
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢





# الإمداد الكهربائي

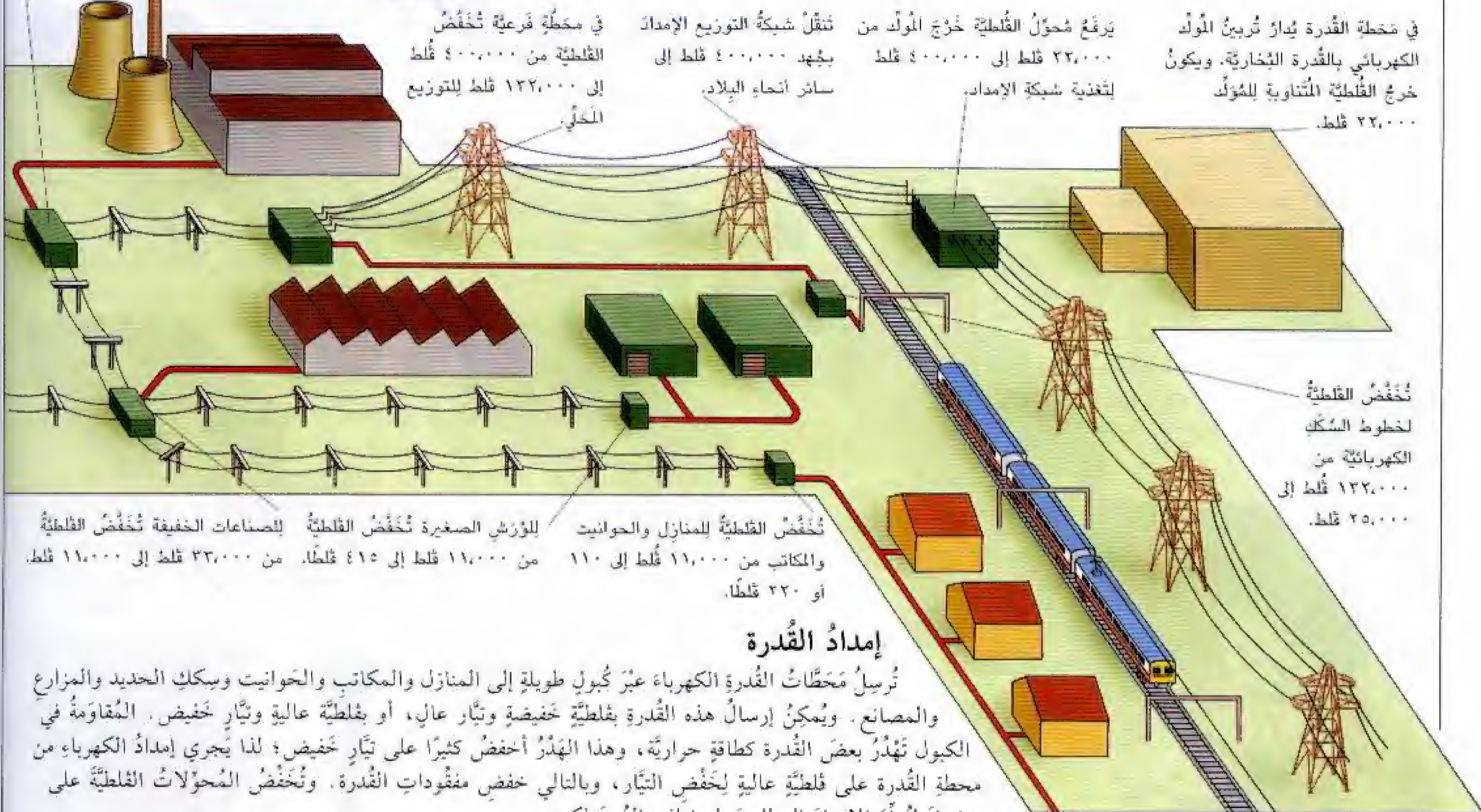
## أبراج القدرة

الطريقة الأقل تكلفة لتوزيع الكيول الكهربائية في طول البلاد وعرضها هي تعليقها من أعمدة برجية. وتُعرّل الكيول عن محاملها جيدًا لمنع سُروب التيار إلى الأبراج. وفي المُدن يجري توزيع الكيول غالبًا في أنابيب مغطورة.

للصناعات الثقيلة تُخفّض الفلطية من ١٢٢,٠٠٠ قُلط إلى ٢٢,٠٠٠ قُلط.



المقاييس الجدارية في البيت أو المكتب أو المصنع تزودنا بالكهرباء لأنها موصولة بشبكة الإمداد من محطات القدرة الكهربائية. في محطة القدرة تُدار التربينات بالقدرة البخارية أو المائية أو بقدرة الرياح. وهذه التربينات تُدير المولدات الكهربائية، مُحولة طاقة الحركة إلى طاقة كهربائية. معظم المولدات هي من نوع المُنوبات التي تُنتج تيارًا كهربائيًا مُتناوبًا. التيار المُتناوب أكثر ملاءمة لمختلف الاستعمالات من التيار المستمر لأنّ فُلطيته يمكن تغييرها بالمُحوّلات رَفْعًا أو خَفْضًا. وهكذا يُمكن إمداد المصانع والمكاتب والمنازل بفُلطيات مُختلفة حسب الحاجة.



## إمداد القدرة

تُرسل محطات القدرة الكهرباء عبر كيول طويلة إلى المنازل والمكاتب والحواسيت وسيكك الحديد والمزارع والمصانع. ويمكن إرسال هذه القدرة بفُلطية خفيفة وتيار عالٍ، أو بفُلطية عالية وتيار خفيض. المقاومة في الكيول تُهدّر بعض القدرة كطاقة حرارية، وهذا الهدر أخفض كثيرًا على تيار خفيض؛ لذا يجري إمداد الكهرباء من محطة القدرة على فُلطية عالية لخفض التيار، وبالتالي خفض مفاقود القدرة. وتُخفّض المُحوّلات الفلطية على مراحل لِتوفّر الإمداد المطلوب لمختلف المُستهلكين.

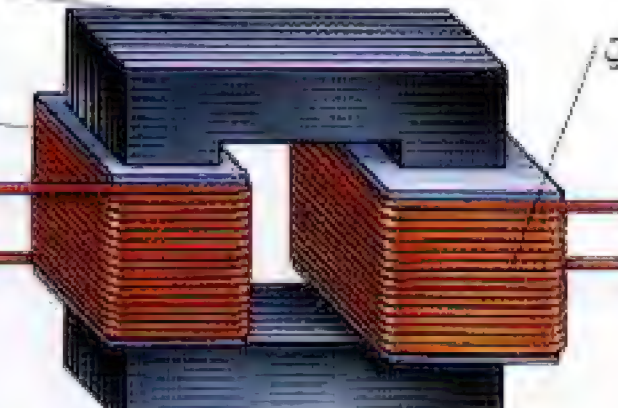
قلب حديدي

الملف الابتدائي

الملف الثاني في مُحوّل رَفْع الفلطية. لَفَات الملف الثاني أكثر.

الملف الأول في مُحوّل خَفْض الفلطية. لَفَات الملف الثاني أقل منها في الملف الابتدائي.

الملف الثاني في مُحوّل خَفْض الفلطية. لَفَات الملف الثاني أقل منها في الملف الابتدائي.

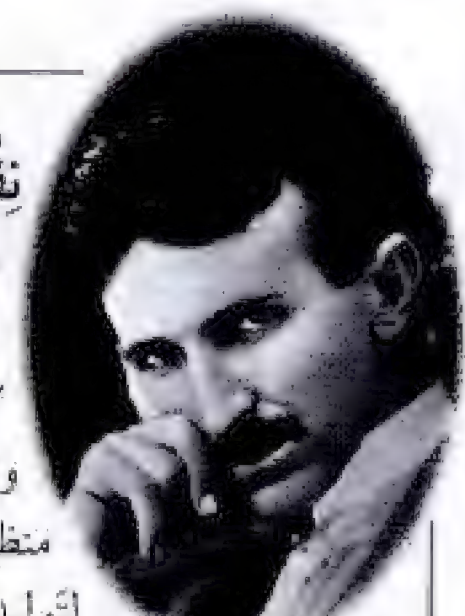


## المُحوّلات

يتوجّب خفض الفلطيات العالية من الكيول بالمُحوّلات إلى مستويات الاستخدام في البيوت. يتألف المُحوّل البسيط من ملفين سلكيين مُنفوّقين حوّل القلب الحديدي نفسه. الفُلطية المُتناوبة المُسَاطة على الملف الابتدائي في المُحوّل تولّد مجالًا مغناطيسيًا مُتغيرًا في القلب الحديدي؛ وهذا يَستجِبْ فُلطية مُتناوبة في الملف الثاني.

## نقولاً تسلا

عام ١٨٨٧، سجّل المُخترع الأمريكي نِقولاً تسلا (١٨٥٦-١٩٤٣) براءة اختراع لمنظومة توليد وتوزيع للتيار المتناوب تفوّقت على منظومة رئيسه السابق توماس أديسون لِتوليد التيار المستمر. وكان الرجلان مُرشحين لنيل جائزة نوبل مشاركة بينهما عام ١٩١٢؛ لكنّ تسلا رفض أن يكون له أية علاقة بأديسون - فلم تُمنَح الجائزة لأيّ منهما.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الفيزياء الوضعية ص ٣٨
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- المولدات ص ١٥٩
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الكهرباء في البيت

## صَمَجَةُ النُّورِ الكهربائي

تُصَنَّمُ مُعْظَمُ الصَّمَجَاتِ الكهربائيَّةِ سِلْكًا رَفِيعًا مِنَ التَّنَجَسْتِنِ يُدْعَى الْفَتِيلَةَ، مُرَكَّبًا دَاخِلَ بُصِيلَةٍ زجاجيَّةٍ مُحْكَمَةِ السَّدِّ. فعندما يسري التَّيَّارُ فيها تَوَهَّجُ الْفَتِيلَةُ لِدرجةِ الْاِبْيَاضِ وتُسْطَعُ بالنُّورِ. وَالْفَتِيلَةُ تَدُومُ طَوِيلًا دُونَ أَنْ تَحْتَرِقَ، لِأَنَّ الصَّمَجَةَ لَا تَحْوِي الْأَكْسِجِنَ (الَّذِي يَلْزَمُ لِاحْتِرَاقِ).



الَّذِينَ تُتَّاحُ لَهُمُ الْكهرباءُ بِكَبَسَةِ زُرٍّ أَوْ بِإِدَارَةِ مِقْلَادٍ (مِفْتَاحٍ) قَدْ يَتَنَاسَوْنَ مِقْدَارَ اعْتِمَادِ الْإِنْسَانِ الْمُعَاَصِرِ عَلَى الْكهرباءِ. فالإمدادُ الكهربائي، الَّاتِي مِنَ مَحْطَّةٍ قُدْرَةِ نَائِيَّةٍ، يُسِيرُ أُمُورَ بِيوتِنَا؛ وَإِذَا مَا طَرَأَ عُظْلٌ يَوْفَقُهُ، نَشْعُرُ كَمَ هِيَ الْحَيَاةُ صَعْبَةٌ بِدُونِهِ. فالعديدُ من وسائل العيش وأجهزة المنزل يَتَعَطَّلُ - تَنْطَفِئُ الْأَنْوَارُ، فَتَنْتَمَسُّ الشُّمُوعُ؛ التَّلْفَازُ لَا يَعْمَلُ، فَنَلْجَأُ إِلَى رَادِيوِ بَطَارِيَّةٍ لِنَتَّبِعَ الْأَحْدَاثَ؛ وَالدَّقَايَا وَالْبَرَّادَاتُ وَالمَكِيفَاتُ وَغَسَّالَاتُ وَالجَلَايَاتُ وَالمُجَفِّفَاتُ وَالأفرانُ الكهربائيَّةُ تَعْجِزُ عَنْ أَدَاءِ وِظَائِفِهَا؛ وَالكُلُّ يَنْتَظِرُونَ الْفَرَجَ بِعُودَةِ التَّيَّارِ الكهربائيِّ إِلَى الْبَيْتِ!

## الدَّارَاتُ الكهربائيَّةُ الْمَنْزِلِيَّةُ

الإمدادُ الكهربائيُّ الْوَاردُ إِلَى مَنْزِلِنَا يَمُرُّ أَوَّلًا عِبرَ مَصَاهِرَ رَئِيسِيَّةٍ؛ وَمِنْهَا يَسْرِي إِلَى عِدَادٍ يَمِيزُ كَمِّيَّةَ الْكهرباءِ الَّتِي نَسْتَهْلِكُهَا. وَتُوصَلُ وَحْدَةٌ اسْتِهْلَاكِ فِي الْجَانِبِ الْآخَرِ مِنَ الْعِدَادِ تَحْوِي مَصَاهِرَ (أَوْ قَوَاعِ دَارَاتٍ) تَقِي دَارَاتِ الْمَنْزِلِ.

أجهزة مختلفة تُغْذَى مِنَ الْمَقَاسِ الْجِدَارِيَّةِ.

## القَوَاسِ وَالْمَقَاسِ

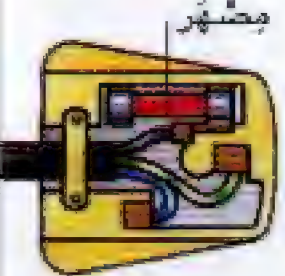
تُغْذَى الْأَجْهَازُ الكهربائيَّةُ مِنْ مَأْخِذِ الْإِمْدَادِ الكهربائيِّ. وَيَتِمُّ ذَلِكَ بِإِيْلَاجِ قَاسٍ مِنَ الْجِهَازِ، مُتَوَافِقٍ النَّمطِ، فِي مَقَاسٍ يَتَّصِلُ بِمَأْخِذِ الْإِمْدَادِ، وَتَسْتَخْدِمُ الْبِلْدَانُ الْمَخْتَلِفَةُ أَلْوَانًا رَمَازِيَّةً مُخْتَلِفَةً لِأَسْلَاقِ التَّمْيِيزَاتِ الكهربائيَّةِ.



فِي أَسْطَى أَنْظِمَةِ الْإِمْدَادِ الرَّئِيسِيِّ، يُسْتَخْدَمُ سِلْكَانِ فَقَطْ؛ لِذَا يَكْتَفِي بِالْقَوَاسِ ذَاتِ الْمِشْمَارَيْنِ وَمَقَاسِهَا.



فِي الْعَدِيدِ مِنَ أَنْظِمَةِ الْإِمْدَادِ الرَّئِيسِيِّ هُنَاكَ سِلْكٌ ثَالِثٌ يُدْعَى سِلْكُ التَّارِيضِ. وَيُوصَلُ هَذَا بِقَضِيبٍ مُعَدِنِيٍّ مُؤَرَّضٍ، لِضَمَانِ عَدَمِ حُصُولِ صَدْمَةٍ كهربائيَّةٍ يُمْكِنُ أَنْ تُحْدِثَهَا أَجْزَاءُ مَكْشُوفَةٌ فِي الْجِهَازِ.



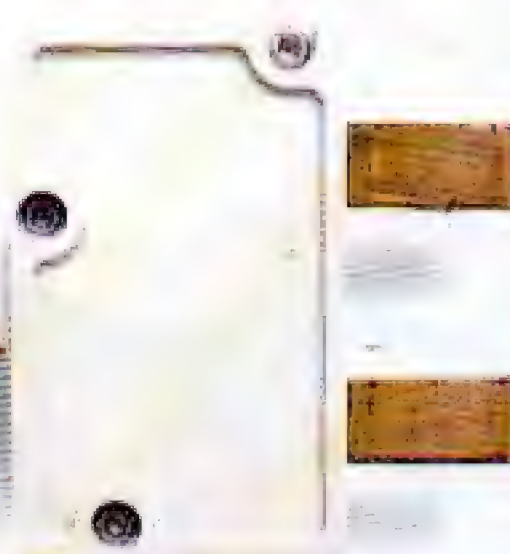
بَعْضُ الْقَوَاسِ مُزَوَّدٌ بِمَصَاهِرٍ. فَإِذَا زَادَ التَّيَّارُ السَّارِي فِي الْجِهَازِ عَنْ الْحَدِّ الْمَقْرَرِ، يَنْصَهَرُ مَصْهَرُ الْقَاسِ، وَيَسْلُمُ الْمَصْهَرُ (أَوْ قَاطِعُ الدَّارَةِ) الرَّئِيسِي فِي وَحْدَةِ اسْتِهْلَاكِ، فَتَبْقَى الْقُدْرَةُ مُتَاحَةً فِي الْمَقَاسِ الْآخَرِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الشَّعْلُ وَالطَّاقَةُ ص ١٣٢
- الْكَهرباءُ التَّيَّارِيَّةُ ص ١٤٨
- الْخَلَايَا وَالْبَطَارِيَّاتُ ص ١٥٠
- الدَّارَاتُ الكهربائيَّةُ ص ١٥٢
- مَصَادِرُ الضَّوئية ص ١٩٣
- حَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠

يَنْصَهَرُ هَذَا السِّلْكُ فَتَقْطَعُ الدَّارَةُ الكهربائيَّةُ.

الْمَصْهَرُ سِلْكٌ، دَاخِلٌ غِلَافٍ عَازِلٍ، يُؤَلَّفُ الْخَلْقَةُ الْأَضْعَفُ فِي الدَّارَةِ الكهربائيَّةِ. وَهُوَ يَنْصَهَرُ أَوْ يَحْتَرِقُ بِأَمَانٍ عِنْدَ الارتفاعِ الْمَقْرَرِ لِلتَّيَّارِ. وَالمَصَاهِرُ مُتَوَافِرَةٌ بِقِيَاسَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ لِاحْتِمَالِ تِيَارَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ الشَّدَّةِ.



قَاطِعُ الدَّارَةِ مِقْلَادٌ كَهْرِمَغْنَطِيسِيٌّ يَقْطَعُ التَّيَّارَ عِنْدَمَا تَتَجَاوَرُ شِدَّتُهُ الْحَدَّ الْمَسْمُوحَ بِهِ.

## وَقَايَةُ الدَّارَةِ الكهربائيَّةِ

قَدْ تَسَبَّبَ الْكهرباءُ عَرَضًا بِالْحَرَاقِ لِفَرْطِ إِحْمَاءِ أَحَدِ الْأَسْلَاقِ حَتَّى دَرَجَةِ الْإِحْمَارِ. وَيَحْدُثُ هَذَا غَالِبًا بِسَبَبِ عُظْلٍ يُقْصِرُ الدَّارَةَ فَيَتَجَاوَرُ التَّيَّارُ السَّارِي الْحَدَّ الْمَسْمُوحَ بِهِ. وَلِيَمْنَعَ خُذُوثَ ذَلِكَ تُوقَى الدَّارَاتُ الْمَنْزِلِيَّةُ بِالمَصَاهِرِ أَوْ الْقَوَاعِ الَّتِي تَقْطَعُ التَّيَّارَ إِذَا مَا بَلَغَتْ شِدَّتُهُ حَدَّ الْخَطَرِ.



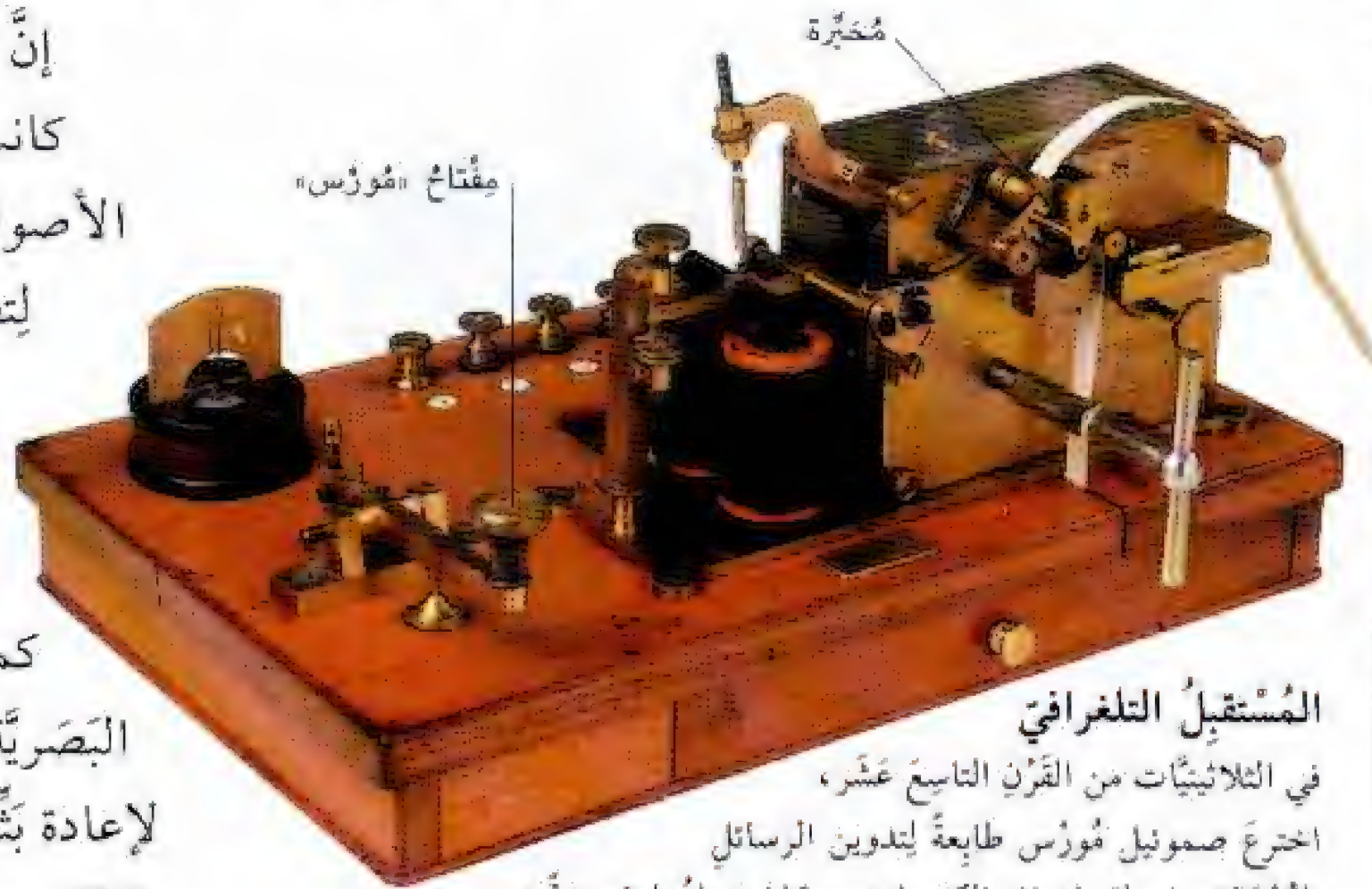
## الْقُدْرَةُ وَالطَّاقَةُ

الْقُدْرَةُ، أَيُّ مُعَدَّلِ اسْتِخْدَامِ الطَّاقَةِ، تُقَاسُ بِالْوِاطِ. فعندما تسري الْكهرباءُ فِي مُقَاوِمٍ، يُمْكِنُ احْتِسَابُ الْقُدْرَةِ بِضَرْبِ الْفِلْطِيَّةِ فِي شِدَّةِ التَّيَّارِ. فَإِذَا كَانَتْ شِدَّةُ التَّيَّارِ ٤ أمْپِيرٍ فِي دَارَةِ مَوْقِدٍ يَعْمَلُ عَلَى فِلْطِيَّةٍ ٢٢٠ فِلْطِ، تَكُونُ الْقُدْرَةُ ٨٨٠ وِاطِ. أَمَّا مُجْمَلُ الطَّاقَةِ الْمُسْتَهْلَكَةِ، فَهُوَ حَاصِلُ ضَرْبِ الْقُدْرَةِ فِي زَمَنِ تَشْغِيلِ الْمَوْقِدِ. ففِي مَدَّةِ سَاعَتَيْنِ مَثَلًا، يَسْتَهْلِكُ الْمَوْقِدُ ٨٨٠ × ٢ = ١٧٦٠ وِاطِ سَاعَةً، أَيْ ١,٧٦ كيلوواط سَاعَةً.



## الاتصالات البُعادية

إنَّ أعجوبة التَّكَلُّمِ معَ شَخْصٍ يَبْعُدُ عَنْكَ أَلْفَ الكِيلُومِترَاتِ ما كَانَتْ تَحَقُّقُ بِدُونِ الكَهْرِبَاءِ. فَلَأَجْهَزةِ الإِلِكْتِرونيَّةِ تَحَوَّلُ الأصْوَاطِ والصُّوَرُ إِلَى كَهْرِبَاءٍ تَقْطَعُ المَسَافَاتِ الطَّوِيلَةَ بِسُرْعَةِ البَرَقِ لِتَصِلَ إِلَى مَكَانٍ آخَرَ حَيْثُ يُعَادُ تَحْوِيلُهَا إِلَى أصْوَاطٍ وصُّوَرٍ بِوَاسِطَةِ مُعَدَّاتٍ أُخْرَى كَهْرِبَائِيَّةِ التَّشْغِيلِ. وَتَبْتَقِلُ يَوْمِيًا كَمِّيَّاتٌ ضَخْمَةٌ مِنَ المَعْلُومَاتِ ذَهَابًا وَإِيَابًا عِبرَ الخُطُوطِ التِّلِفُونِيَّةِ كَرِسَائِلَ نَاسُوحِيَّةٍ (بِالْفَاكْسِ) أَوْ كَمَكَالِمَاتِ هَاتِفِيَّةٍ. كَمَا يُمَكِّنُ إِرْسَالُ المَعْلُومَاتِ أَيْضًا كَضُوءٍ فِي كُبُولٍ مِنَ الأَلْيَافِ البَصَرِيَّةِ، أَوْ كَأَمْوَاجٍ رَاديويَّةٍ إِلَى سَائِلِ مُوَاصِلَاتٍ فِي أَعَالِي الفِضَاءِ لِإِعَادَةِ بَنْهَا إِلَى طَبَقِ مُسْتَقْبَلٍ. هَذَا وَيُمَكِّنُ تَوَاصُلَ الحَوَاسِبِ وَالْمَكِينَاتِ الإِلِكْتِرونيَّةِ عِبرَ خُطُوطِ التِّلِفُونِ. إِنَّ جَمِيعَ أَنْوَاعِ الاتِّصَالَاتِ هَذِهِ يَلْزَمُهَا عَنَاصِرُ ثَلَاثَةٍ: مُرْسِلٌ لِإِرْسَالِ المَعْلُومَاتِ، وَوَسِيطٌ يَحْمِلُ الإِشَارَاتِ، وَمُسْتَقْبِلٌ يُحَوِّلُ الإِشَارَاتِ ثَانِيَةً إِلَى شَكْلِ يُمْكِنُ فَهْمُهُ.



### المُسْتَقْبِلُ التِّلِغْرَافِي

فِي الثَّلَاثِيَّاتِ مِنَ القَرْنِ التَّاسِعِ عَشَرَ، اخْتَرَعَ صَمُونِيلُ مُورْسُ طَابِعَةً لِتَدْوِينِ الرِّسَالَاتِ المُرْسَلَةِ بِوَاسِطَةِ تِلِغْرَافِهِ الكَهْرِبَائِيِّ. وَكَانَ عِمَادُهَا شَرِيعَةً مِنَ المَوْرَقِ العَادِيِّ تَتَحَرَّكُ بِطَرَفِ عِزِّ المَكِينَةِ لِتُسَجِّلَ عَلَيْهَا شَفْرَةُ مُورْسِ، المَوْفُفَةُ مِنْ نَقْطٍ وَشُرْطٍ، عِنْدَ كُلِّ نَبْضَةٍ مِنَ نَبْضَاتِ التَّيَّارِ المُسْتَقْبَلِ بِوَاسِطَةِ دَوَلَابٍ مُخَبِّرٍ يُحَرِّكُهُ مَغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيٌّ. وَكَانَ الْعَامِلُونَ يَسْتَخْدِمُونَ مِفْتَاحَ مُورْسِ لِإِرْسَالِ الإِشَارَاتِ؛ فَكَانَ ضَغْطُ المِفْتَاحِ فِي مَحْطَةِ الإِرْسَالِ أَذْيَنًا بِسَرِيانِ التَّيَّارِ لِتَشْغِيلِ الدَّوَلَابِ المُخَبِّرِ (أَوْ الدَّرَاجِ التَّكَاكُ) فِي مَحْطَةِ الاسْتِقْبَالِ لِتَنْقُلَ الرِّسَالَةَ آتِيًا.

تُرْسَلُ شَفْرَةُ مُورْسِ كَمَجْمُوعَةٍ مِنَ النُّقْطِ والشُّرْطِ المُفَسَّحَةِ الَّتِي تَمَثِّلُ الأَعْدَادَ والحُرُوفَ الهِجَائِيَّةَ. هُنَا تَمَّ طَبْعُ العَدَدَيْنِ ٤ وَ ٢.



نُقطتانِ وَثَلَاثُ شُرْطٍ تُمَثِّلُ العَدَدَ ٢.

أَرْبَعُ نَقْطٍ وَشُرْطَةٌ تُمَثِّلُ العَدَدَ ٤.



تَتَغَيَّرُ سَعَةُ (شِدَّةُ) إِشَارَةِ الصَّوْتِ التِّلِفُونِيَّةِ وَتَزْدَدُهَا (عَدَدُ الأَمْوَاجِ المُتَعَتَّةِ فِي الثَّانِيَةِ) لِتَتَسَاوَقَ مَعَ صَوْتِ المُتَكَلِّمِ.

### جهازُ التِّلِفُونِ

عِنْدَمَا تُدِيلُ قُرْصَ التِّلِفُونِ أَوْ تَضْغُطُ أَزْوَارَهُ، تُرْسَلُ سِلْسَلَةٌ مِنَ الإِشَارَاتِ الكَهْرِبِيَّةِ إِلَى أَجْهَزةِ أَوْتِوماتِيَّةٍ تَوْصِلُكَ بِالْخَطِ المُنَادِي. فَيُفَرِّغُ جَرَسُ التِّلِفُونِ فِي الطَّرَفِ الأُخَرَ. وَعِنْدَمَا تَتَكَلَّمُ، يُحَوِّلُ مِيكْرُوفُونُ الإِرْسَالِ فِي هَاتِفِكَ أَمْوَاجَ الصَّوْتِ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرِبِيَّةٍ تُرْسَلُ إِلَى مُسْتَقْبَلِ الهَاتِفِ المُنَادِي عَلَى الطَّرَفِ الأُخَرَ مِنَ الخُطِّ. وَالْمُسْتَقْبَلُ فِيهِ يُعِيدُ تَحْوِيلَ الإِشَارَاتِ الكَهْرِبِيَّةِ إِلَى أَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ.

### مَغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيٌّ رَقِيٌّ

### المُسْتَقْبِلُ التِّلِفُونِي

يُحَوِّلُ المُسْتَقْبِلُ التِّلِفُونِي الإِشَارَاتِ الكَهْرِبِيَّةَ الوَارِدَةَ إِلَى أصْوَاطٍ. تَمُرُّ الإِشَارَةُ عِبرَ مَغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيٍّ فِيهِ يَجْذِبُ قُرْصًا حَدِيدِيًّا يُسَمَّى الرَّقِيَّ. وَمَعَ تَغْيِيرِ شِدَّةِ الإِشَارَةِ، يَتَغَيَّرُ جَذْبُ المَغْنَطِيسِ لِلرَّقِيَّ فَيَهْتَزُّ، وَتَنْتَقِلُ الاَهْتِرَازَاتُ عِبرَ الهَوَاءِ كَأَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ تَسْمَعُهَا كَلَامًا وَاضِحًا.

### الإِذَالَةُ

الإِشَارَاتُ المُدَالَّةُ هِيَ نَبْضَاتٌ كَهْرِبِيَّةٌ بَسِيطَةٌ أَوْ مَزِيْجٌ مِنَ النُّعْمَاتِ. وَالْأَجْهَزةُ الإِلِكْتِرونيَّةُ فِي مَقْسِمِ التَّهَادُلِ (السِّتْرَالِ) تَعُدُّ النَبْضَاتِ أَوْ تَعْرِفُ النُّعْمَاتِ فَتَصِلُكَ بِالْخُطِّ الهَاتِفِيِّ المَطْلُوبِ.

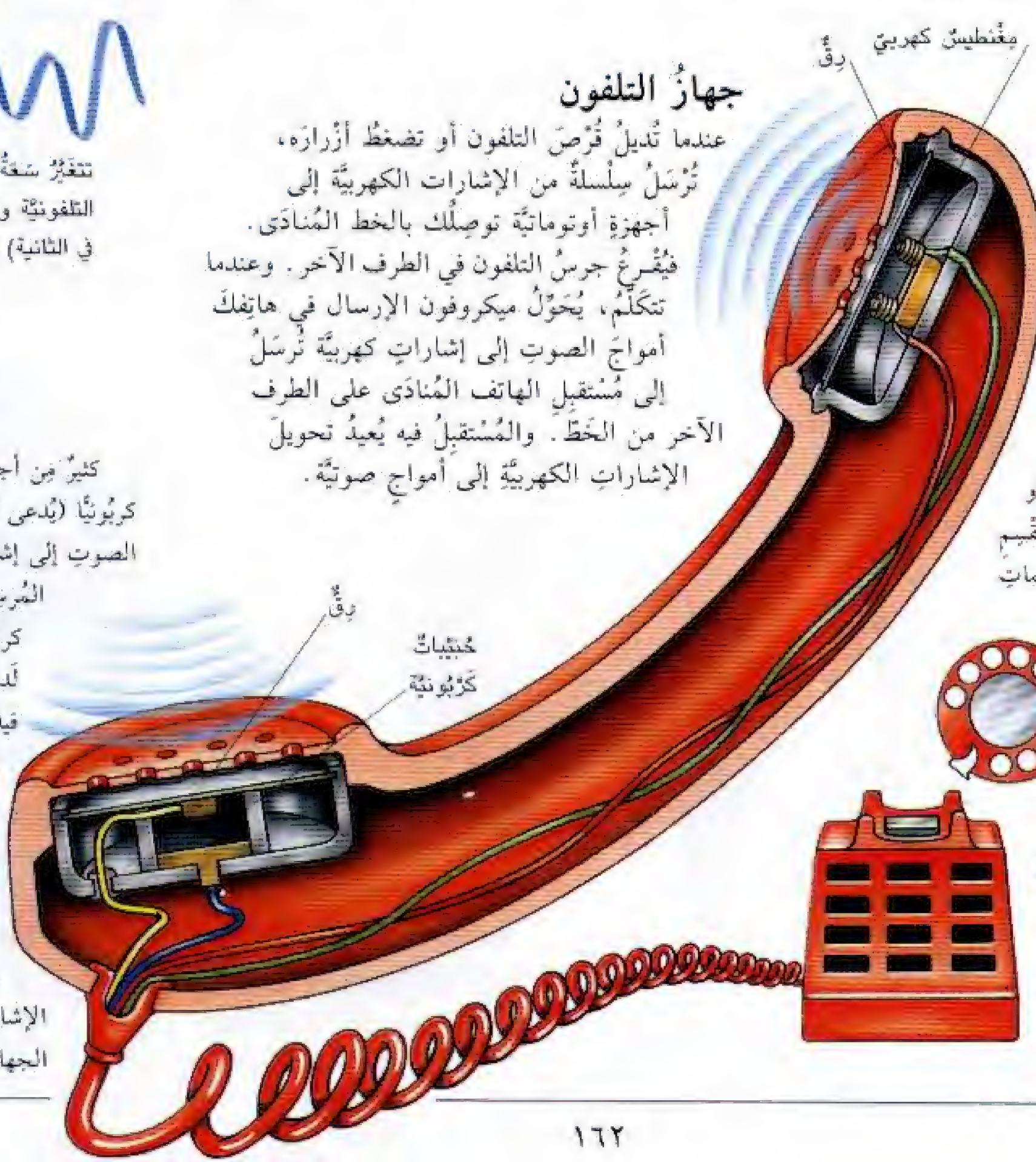
كُلَّمَا تُدِيلُ رَقْمًا تَعْمَلُ المَفَاتِيحُ المُدَالَّةُ فَوْرًا عَلَى إِرْسَالِ النَبْضَاتِ إِلَى مَقْسِمِ التَّهَادُلِ.



بَعْضُ أَجْهَزةِ التِّلِفُونِ ذَاتِ الأَزْوَارِ الْإِنْضَغَاطِيَّةِ تُرْسِلُ مَزِيْجًا مِنَ النُّعْمَاتِ المُتَمَيِّزَةِ لِكُلِّ رَقْمٍ - وَيُمْكِنُكَ سَمَاعُهَا عِنْدَ ضَغْطِ كُلِّ رَقْمٍ عَلَى جَدَّةٍ.

### مِيكْرُوفُونُ الهَاتِفِ

كَثِيرٌ مِنَ أَجْهَزةِ التِّلِفُونِ يَحْمِلُ مِيكْرُوفُونَاً كَرْبُونِيًّا (يُدْعَى أَيْضًا المُرْسِلِ) يُحَوِّلُ أَمْوَاجَ الصَّوْتِ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرِبِيَّةٍ. وَتَوْجَدُ دَاخِلَ المُرْسِلِ كَيْسُولَةٌ تَحْوِي خَبِيَّاتٍ كَرْبُونِيَّةٍ. فَعِنْدَمَا تَتَكَلَّمُ، يَهْتَزُّ رَقِيٌّ لَدَائِيٌّ يَفْعَلُ الأَمْوَاجَ الصَّوْتِيَّةَ، فَيَدْفَعُ تِلْكَ الخَبِيَّاتِ بَعْضُهَا نَحْوَ بَعْضٍ فَتَنْخَفِضُ مُقَاوِمَتُهَا. وَهَكَذَا يَتَغَيَّرُ التَّيَّارُ السَّارِي عِبرَهَا بِالنَّمْطِ نَفْسِهِ الَّذِي تَحْدُثُ فِيهِ تَغْيِيرَاتُ الصَّوْتِ المُسَبِّبَةُ لِتِلْكَ الاَهْتِرَازَاتِ. وَهَذَا التَّيَّارُ المُتَغَيِّرُ يَحْمِلُ الإِشَارَاتِ الصَّوْتِيَّةَ إِلَى المُسْتَقْبَلِ فِي الْجهازِ التِّلِفُونِيِّ الأُخَرَ.





## شبكة الاتصالات

عندما تُجرى مُكالمة تلفونية، تُسري بُضات الإدالة في الأسلاك إلى مركز التبادل (المقسيم) المحلي، حيث تُميز أجهزته الإلكترونية شفرة تلك البُضات. فإذا كانت مُكالمتك محلية يتولى توصيلها مركز التبادل المحلي؛ أما إذا كانت إلى منطقة أخرى، فإنها تُحوّل إلى مركز تبادل تلك المنطقة، حيث تتولى أجهزته توصيلك بالرقم المطلوب. أما المُكالمات الدولية فتُرسل إلى مراكز التبادل الدولية. وتولّف مُختلف منظومات الاتصال هذه شبكة الاتصالات.

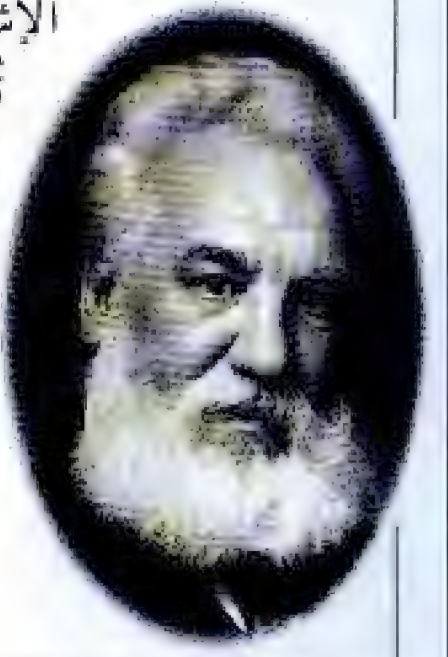
السَّوَاتِلُ (الأقمار الصناعية)

المكالمات المُرْسَلَةُ عن طريق  
سَوَاتِلِ الْاِتِّصَالَاتِ، في  
مداراتها حَوْلَ الْأَرْضِ،  
تُرْسَلُ بِالرَّادِيُو مِنْ هَوَائِيَّاتٍ  
مُفَعَّرَةٍ ضَخْمَةٍ عَلَى  
الْأَرْضِ. فَيَقُومُ السَّاتِلُ، الَّذِي  
يَعْمَلُ بِالْخَلَايَا الشَّمْسِيَّةِ، بِإِعَادَةِ  
بَثِّ تِلْكَ الْإِشَارَاتِ إِلَى هَوَائِيٍّ ثَانٍ  
فِي جُزْءٍ آخَرَ مِنَ الْعَالَمِ.

هَلْ لَاحَظْتَ تَأَخُّراً طَفِيفاً وَأَنْتَ تَتَكَلَّمُ  
هَاتِفُتَا شَخْصاً فِي مَا وَرَاءَ الْبَحَارِ؟  
قَدْ يَكُونُ سَبَبُ ذَلِكَ أَنَّ مَكَلْمَكَ  
تَجْرِي عَنْ طَرِيقِ سَائِلِ قُضَائِي،  
فَالْإِشَارَاتُ الرَّادِيوِيَّةُ تَأْخُذُ بَعْضَ  
الْوَقْتِ لِتَجْتَازَ الْمَسَافَةَ بَيْنَ الْأَرْضِ  
وَالسَّائِلِ ذَهَاباً وَإِتَاباً.


الْكُسْنَدَرُ غَرَاهَام بِل

ألكسندر غراهام بل (١٨٤٧-١٩٢٢) معلّم  
ومُخترع أمريكيّ اسكتلنديّ المولد، اخترع  
التلفون عام ١٨٧٦. إهتم بل، كوالده، بتعليم  
الصَّم منذ صباه، ودرّس أنبعاث الأصوات من  
الأجسام المُهتزة فعَلِم الصَّم الكلام بجهاز  
الاهتزازات المرئية. ثم اخترع شكلاً من  
التلغراف الكهربائي، تمكّن به من إرسال  
الإشارات كنغماتٍ موسيقيةٍ  
تُحدّثها أرياشٌ قصبيّة  
مُهتزة. وقادته هذه  
الفكرة إلى استنباط  
طريقة لإرسال واستقبال  
تردّدات الأصوات  
السريّة، فكان التلفون!



طَبَقُ إِرْسَالٍ  
وَأَسْتِقْبَالٍ

هَذَا الطَّبَقُ يَسْتَقْبِلُ الْأَمْوَاجَ  
الرَّادِيَوِيَّةَ مِنَ السَّائِلِ وَيُرْسِلُ  
الْمَعْلُومَاتِ إِلَى مَرْكَزِ  
التَّجَاوُلِ.



مركز تبادل  
دولي

عَمْرُكَ تَبَادُلُ  
مَحَلِّي

مَحَطَّاتُ السَّوَاتِلِ

تُوصَلُ أسلاكُ جهازِكَ التلفوني في البيت، كسائر الأسلاك التلفونية من منازل أُخرى، بمركزِ التبادلِ المحليِّ.

تحتوي محطة الساتل للاتصالات الفضائية قمرًا، كالتليد،  
موجهًا نحو الساتل. والأجهزة الإلكترونية الموصولة بالهوائي  
تُضخِّم الإشارات المُرسلة منه والمستقبلة به. ويتم توصيل مثل  
هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

طَبَقَ إِسْـمَـائِيلُ وَأَسْتَقْبَلَ إِلَى وَمِنْ  
سَائِلِ الْإِصْلَاحَاتِ.

مَرْكَزُ تَبَادُلٍ مُّحَلِّيٍّ.

مركز تبادل دولي

مركز تبادل الإتصالات  
الخليوية.

## شَبَكَاتُ الْأَمْوَاجِ الصَّغِيرَةِ

تُستخدَمُ شَبَكَاتُ الْأَمْوَاجِ الصَّغِيرَةِ أَمْوَاجًا رَادِيَوِيَّةً (تُدْعَى أَمْوَاجًا صَّغِيرَةً) لِحَمْلِ الْإِشَارَاتِ التَّلَفُوزِيَّةِ وَغَيْرِهَا. وَتَسْرِي هَذِهِ الْأَمْوَاجُ فِي خَطِّ مُسْتَقِيمٍ مِنْ هَوَائِيٍّ مُقَعَّرٍ مُرْسِلٍ إِلَى هَوَائِيٍّ مُمَازِلٍ مُسْتَقْبَلٍ.

النَّاسُوحُ (الفاكس)

تستخدم مكنات النسخ الشبكية التلفونية لإرسال المادة المكتوبة أو المطبوعة. المكنة المرسله تحول صور الوثيقة إلى شفرة من الإشارات الكهربائية وترسلها عبر خط التلفون. وتستخدم المكنة المستقبلية تلك الإشارات لاستنساخ الوثيقة الأصلية.

## الهواتف النقّولة

يَسْتَطِيعُ مُسْتَقْبِلُو السَّيَّاراتِ التَّكَلُّمَ بَعْضُهُمْ مَعَ بَعْضٍ مُسْتَعْدَاتٍ أَجْهَرَةً تَلْفُونِيَّةً نَقَّالَةً ذَاتَ مُرْسِلَاتٍ وَمُسْتَقْبِلَاتٍ رَادِيَوِيَّةٍ مُبَيَّنَّةٍ. الْمُرْسِلُ الْخَفِيفُ الْقُدْرَةُ فِي جِهَازِ التَّلْفُونِ يُوصَلُ الْمَكَالِمَةَ إِلَى مُعْدَّاتٍ اسْتِقْبَالٍ دَائِمَةٍ، مُقَامَةً فِي الْمَنْطِقَةِ - تُدْعَى خَلِيَّةً. وَمِنْ هُنَاكَ تُوصَلُ الْمَكَالِمَةُ بِالشَّبَكَةِ التَّلْفُونِيَّةِ. فَيَقُومُ مُرْسِلٌ مَحَلِّيٌّ بِإِرْسَالِ الْإِشَارَاتِ الْوَارِدَةِ إِلَى مُسْتَقْبِلٍ رَادِيَوِيٍّ فِي جِهَازِ التَّلْفُونِ. وَتُدْعَى هَذِهِ الْمَنْظُومَةُ بِكَامِلِهَا شَبَكَةً خَلَوِيَّةً.

مُرْسِلٌ مَّحَلٌّ

لمزيد من المعلومات انظر

الخلايا والبقاريات ص ١٥٠  
 الحواسيب ص ١٧٣  
 الصوت والضوء ص ١٧٧  
 الانكسار ص ١٩٦  
 السوائل (الأقمار الصناعية) ص ٠  
 حقائق ومعلومات ص ٤١٠



الطول الموجي أطول على الترددات  
الخفيفة؛ ويمكن قياسه بالمدى  
بين ذروتي موجتين.

## الراديو

أمواج طويلة من ١٠٠٠ إلى ١٠ آلاف متر، التردد ٣٠٠ إلى ٣ كيلوهرتز	أمواج متوسطة من ٢٠٠ إلى ١٠٠٠ متر، التردد ٣ ميغاهرتز إلى ٣٠٠ كيلوهرتز	أمواج قصيرة الطول ١٠ إلى ١٠٠ متر، التردد ٣٠ إلى ٣ ميغاهرتز	أمواج عالية التردد، الطول من ١ إلى ١٠ أمتار، التردد من ٣٠٠ إلى ٣ ميغاهرتز	أمواج فائقة التردد، الطول من ١٠ سم إلى متر، التردد من ٣٠٠٠ إلى ٣٠٠ ميغاهرتز
--	--	--	---	---

### غولييلمو ماركوني

كان المهندس الإيطالي غولييلمو ماركوني (١٨٧٤-١٩٣٧) أول من استخدم الأمواج الراديوية في منظومة عملية لإرسال الإشارات. ففي العام ١٨٩٦، سجل ماركوني براءة اختراع نظام تلغرافي يُرسل الإشارات عبر الهواء كدقائق من الأمواج الراديوية. ولما لم يكن هنالك أسلاك بين الأجهزة المرسلة والمستقبلة، عرفت هذه التقنية بالـ"تلغرافية اللاسلكية".



عندما تستمع إلى الراديو، يلتقط جهازك المحطة المختارة من بين ألوف المحطات الإذاعية التي تصله. تنتقل الإشارات الراديوية كأموال غير مرئية عبر الهواء أو عبر مواد أخرى أو في الفراغ بسرعة تُعادل سرعة الضوء (٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية في الفراغ). تُستخدم الأمواج الراديوية بصورة رئيسية في حمل الأصوات والصُور للبث الإذاعي أو للاتصالات الخاصة. فالأخبار التي كانت تستغرق أشهرًا لتبلغ الأماكن النائية في العالم، تنتقل اليوم بأقل من ثانية بواسطة الأمواج الراديوية المترددة من سواحل الاتصالات في الفضاء. تتولد الأمواج الراديوية بواسطة دائرة تحمل تيارًا سريع الذبذبة؛ ويجري بثها الأفضل من هوائيات إرسال مُقامة على أماكن عالية أو على التلال.

تنطلق الموجة الحاملة  
بسرعة وتردد ثابتين.

تتغير الإشارة الصوتية  
سعة وترددًا.

إشارة راديوية مُضمَّنة السعة. لقد تغيَّرت سعة الموجة الحاملة (مُضمَّنت) كما يتبيَّن من تغيَّرات حجمها.

إشارة راديوية (إف إم)، هنا تغيَّر (مُضمَّن) تردد الأمواج الراديوية.

يُحوِّل الهوائي السلبي جميع الأمواج  
الراديوية المُستقبلة إلى إشارات كهربائية.

يُولِّف الملف والمكثف  
المتغيِّر دائرة مُوافقة  
لاختيار محطة  
الإذاعة  
الطلوبة.

صمام ثنائي  
(دايود)  
بلوري

مُكثف

استشعير سعة  
الأذن الإشارة  
الصوتية.

دائرة الدايود البلوري والمكثف تتبيَّن الذبذبات  
الصوتية وتستخلصها من الإشارة المُرسلة.

### جهاز بلوري

حتى عهد قريب، كان كثير من الهواة يلتقطون البث الإذاعي بأجهزة ذات مكشاف بلوري. وكان نمط الجهاز البلوري الشائع في حينه ذا بلورة من الغالينا (كبريتيد الزنك)، وملاصق سلكي مُستدق الطرف (يُدعى شارب الهر). فالملامس والبلورة يعملان كدايود في دائرة مكشاف الجهاز لتبيَّن الذبذبات الصوتية وأستخلصها من الإشارة الراديوية المُرسلة.

### التضمين

التضمين هو تحميل الأمواج الراديوية أصواتًا (أو إشارات أخرى). فالإشارة الصوتية تجعل الإشارة الراديوية المقتردة (الموجة الحاملة) تغيَّر بشكل ما. ففي تضمين السعة (إي إم) تغيَّر سعة (أي شدة) الموجة الحاملة؛ أما في تضمين التردد (إف إم)، فتردد الموجة هو الذي يتغيَّر. والمعروف أنَّ الإرسال بتضمين التردد (إف إم) أقلُّ تأثرًا بالطبقات والتداخلات الأخرى.

صمام

ترانزستوران

### التضخيم

معظم أجهزة الراديو القديمة كانت تحوي صمامات لتضخيم الإشارات المُستقبلة. ثم حلت الترانزستورات محل الصمامات، فأصبح بالإمكان إنتاج أجهزة راديو بالغة الصغر.



### الراديو

١٨٦٣ جيمس كلارك ماكسويل يقترح تفسيرًا على أسس رياضية لظواهر الأمواج الكهرومغناطية.

١٨٨٧ هنريخ هرتز يرسل ويستقبل أمواجًا راديوية في مختبره.

١٨٩٦ غولييلمو ماركوني يُسجل براءة اختراع أول منظومة عملية للتلغرافية اللاسلكية.

١٩٠١ إرسال أول إشارة تلغرافية عبر الأطلنطي.

١٩٠٦ ريجنالد فساندن يُدبِّع أول بث إذاعي، فيدهش عالمي التلغراف اللاسلكي بإسماعهم الموسيقى بدلًا من شفرة مورس المعتادة.



## المُرْسِلُ الرَاديُويّ (اللاسلكي)

في المُرْسِلِ الرَاديُويّ، تُولَّدُ دارةُ المُذبذبِ فُلعِيَّةٌ مُتَناوِيةٌ سَريعةٌ تُدعى الإشارةُ الحاملةُ، تُنقَلُ إلى دارةٍ أُخرى تُدعى المُضَمِّنَةُ. كما تُغذَّى المُضَمِّنَةُ أَيْضًا بالإشارةِ الصَّوتِيَّةِ من ستوديو الإذاعة. ففي مُرْسِلِ تَضمينِ التَردُّدِ (إف إم) المُبَيَّنِ هُنا، تُضَمَّنُ (تُغَيَّرُ) الإشارةُ الصَّوتِيَّةُ تَردُّدُ الإشارةِ الحاملةِ، كما يُقَوَّى المُضَمَّنُ الإشارةُ الحاملةُ المُضَمَّنَةُ؛ ثُمَّ تُبَثُّ الإشارةُ المُعَزَّزَةُ هُذه، كَأَمواجٍ رَاديُويَّةٍ، من هوائي الإرسال.

يُبَثُّ هوائي الإرسال  
إشارة المُرْسِلِ  
كأَمواجٍ رَاديُويَّةٍ.

## المُسْتَقْبِلُ الرَاديُويّ (اللاسلكي)

يَسْتَقْبِلُ هوائيُ جِهَازِ الرَاديو الأَمواجَ الرَاديُويَّةَ من عِدَّةِ مُرْسِلاتٍ، فيُحوِّلُ ما يَلتَقِطُ مِنْها إلى إشاراتٍ كَهرَبائيَّةٍ دَقيقةٍ. ثُمَّ تُنقَلُ هُذهُ الإشاراتُ إلى داراتٍ مُوالِفةٍ وتُضخِّمُ، حيثُ تُنقَلُ إشارةُ المَحطَّةِ الإذاعيَّةِ المَطلُوبَةِ وتُضخَّمُ. بَعدَ ذَلِكَ تُفَصِّلُ دارةُ المُستَخلِصِ الإشارةَ الصَّوتِيَّةَ عن المَوجةِ الحاملةِ، وتُعدِّلُ قُوَّةَ هُذهِ الإشارةِ بِاسْتِخدامِ مُضَبِّطِ الجَهارةِ. ثُمَّ تُنقَلُ الإشارةُ الصَّوتِيَّةُ إلى مُضخِّمِ الخَرجِ، حيثُ تُضخَّمُ بِما فيه الكَفاية لِتَشغيلِ المِجْهَرِ الذي يُعيدُ تَحويلَ الإشارةِ ثَانيَّةً إلى أَصواتٍ كَذلكَ التي بُثَّتْ أَصلاً من ستوديو الإذاعة.

يُستَخدَمُ مُضَبِّطُ المُوالِفةِ، وَهُوَ مُكَثَّفٌ مُتَغَيِّرٌ، لِاختِيارِ المَحطَّةِ الإذاعيَّةِ.



مُضَبِّطُ الجَهارةِ، وَهُوَ مُقاوِمٌ مُتَغَيِّرٌ، يُعَدِّلُ مَنسَوبَ الإشارةِ الصَّوتِيَّةِ.  
يُرْسِلُ مُضخِّمُ الخَرجِ تيارًا قَويًّا عَبرَ المِجْهَرِ لِاستِعادةِ الصَّوتِ.

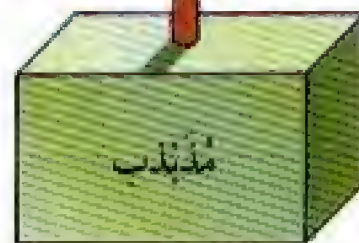
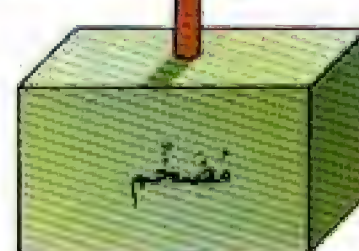
## الإشاراتُ الصَّوتِيَّةُ

في ستوديو الإذاعة، يُحوِّلُ المِكرُوفونُ أَصواتَ المُذيعين إلى إشاراتٍ صَوتِيَّةٍ؛ كما تُولَّدُ أَجْهَزةٌ أُخرى إشاراتٍ صَوتِيَّةٍ عَندَ تَديويرِ أَشْطِطَةِ التَّسْجِيلِ أو الأَسْطِواناتِ. وَيَمْكِـنُ مُزْجُ هُذهِ الإشاراتِ مَعًا ثُمَّ تُرْسَلُ الإشارةُ المُوالِفةُ إلى المُرْسِلِ.

التَّضخِيمُ يُقَوِّي المَوجةَ الحاملةَ المُضَمَّنَةَ قَبْلَ انْتِقالِها إلى الهوائي.

يُضَمَّنُ تَردُّدُ المَوجةِ الحاملةِ بِواسِطَةِ الإشارةِ الصَّوتِيَّةِ.

تَردُّدُ الإشارةِ الحاملةِ حَوالى ١٠٠ عَليَونَ مَوجةٍ في الثَّانِيَةِ (١٠٠ مِيجاهَرتِز)



## الأيونوسفير

الأيونوسفير مُنطَقَةٌ جَويَّةٌ فُوقَ الأرضِ عَلى أَرْتِفاعٍ يَمُدُّ من ٥٠ إلى ٤٠٠ كيلَومَتر. وَهِيَ تَحوي أيُوناتٍ وَالكِترُوناتِ طَليقةً تَجمَعُها تَعاكُشُ بَعضِ الأَمواجِ الرَاديُويَّةِ - الأَمْرُ الذي يَجلُ عَينَقالِ الأَمواجِ الرَاديُويَّةِ الخَفيضةِ التَردُّدِ مُمكِناً عَبرَ مَسافاتٍ طَويِلَةٍ.

الإشاراتُ العَاليَةِ التَردُّدِ نَسيبًا تُخْطَرُقُ الأيُونوسفير؛ إِذا تُسْتِخدَمُ في إرْسالِ الإشاراتِ المُوجَّهَةِ، عَن طَريقِ سَوائِلِ اتِّصالاتٍ تَبْعُدُ عَن الأرضِ أَلافَ الكِيلَومَتراتِ. وَتُستَخدَمُ هُذهُ التَردُّداتُ أَيْضًا في الإرسالِ القَصيرِ المُدى عَلى سَطحِ الأرضِ.

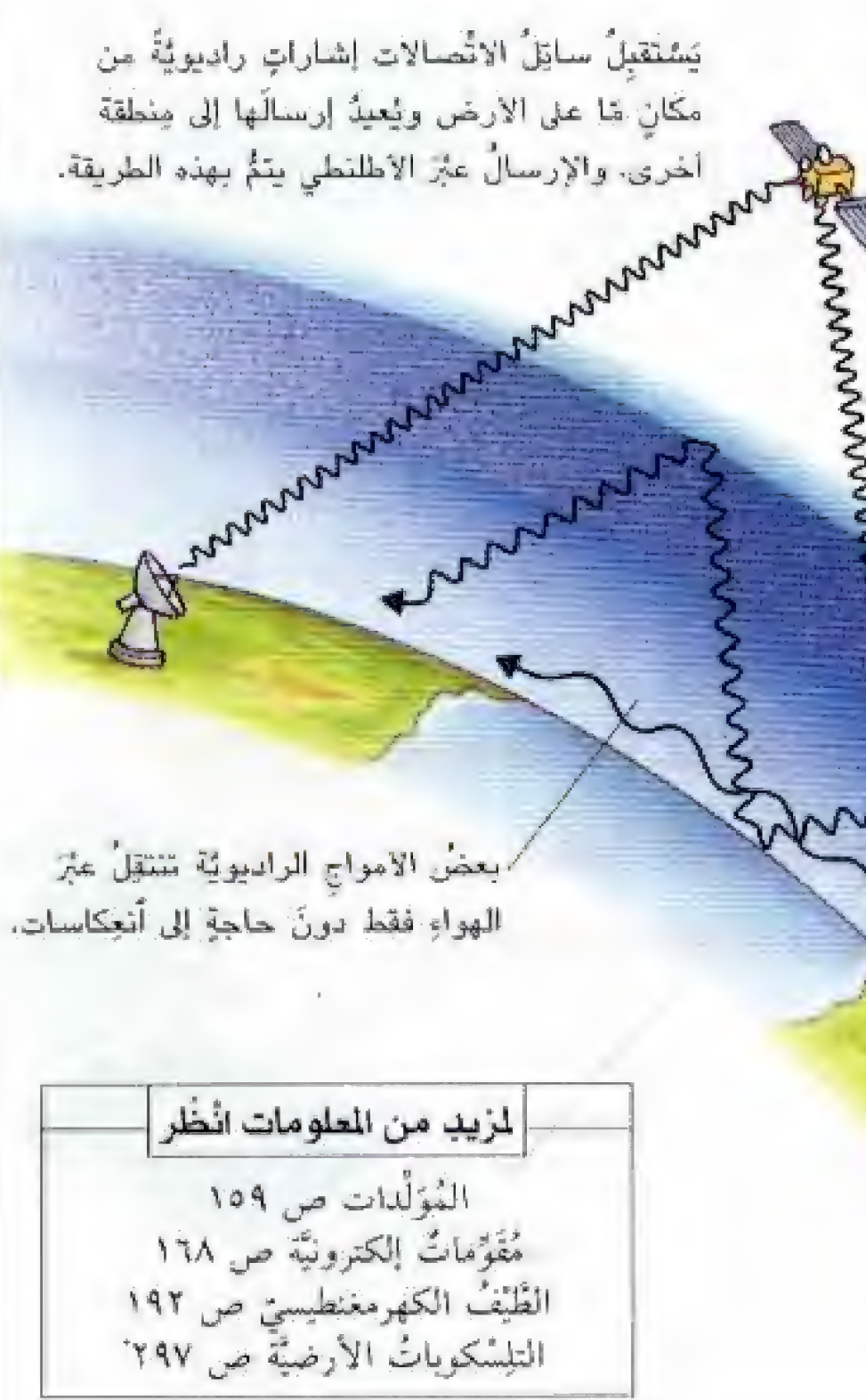
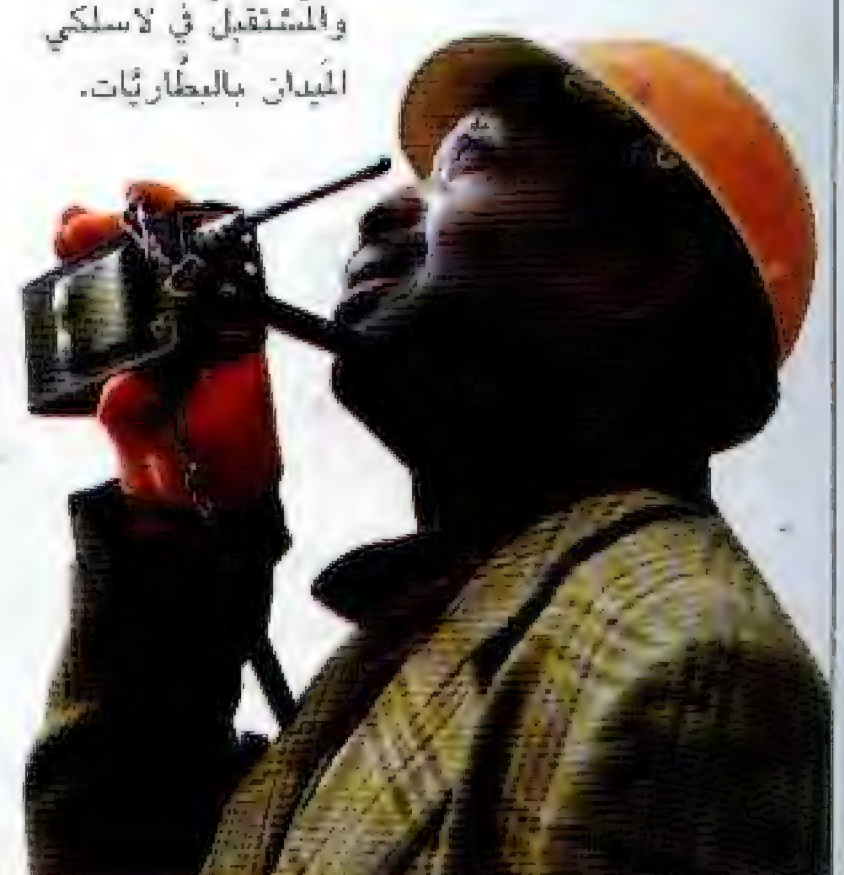
تَنعَكِشُ الأَمواجُ القَصيرةُ عَلى أَعاليِ الأيُونوسفيرِ.

الإشاراتُ الخَفيضةُ التَردُّدِ نَسيبًا (ذاتُ الطَولِ المَوجي الطَويلِ) من مُرْسِلِ تَستَطيعُ الوُضُوعُ إلى أَمَكَنَةٍ نَائيَةٍ بِالانْعِكَاساتِ المُتَكَرِّرَةِ بَينَ الأيُونوسفيرِ وَالأرضِ.

## اللاسلكي المَواقِع

يُستَخدَمُ المُرْسِلُ المُستَقبِلُ الصَغيرُ (اللاسلكي المَيدانِ) في مَواقِعِ البَناةِ مَثلًا، لِتَستَطيعِ العَاملُونَ عَلى الأرضِ التَحدُّثَ بِسَهلَةٍ مَعَ العَمَّالِ في الطَوابِقِ العُليا مِنَ المَبنى؛ كما تُسْتِخدَمُ الشَّرْطَةُ في ضَبْطِ الأَمْنِ وَمُكَافَحةِ الجَرمِيةِ.

يَعمَلُ المُرْسِلُ وَالمُسْتَقْبِلُ في لاسلكي المَيدانِ بِالبَطارِياتِ.



بَعضُ الأَمواجِ الرَاديُويَّةِ تُنقَلُ عَبرَ الهَواءِ فَقطَ دونَ حَاجَةٍ إلى انْعِكَاساتِ.

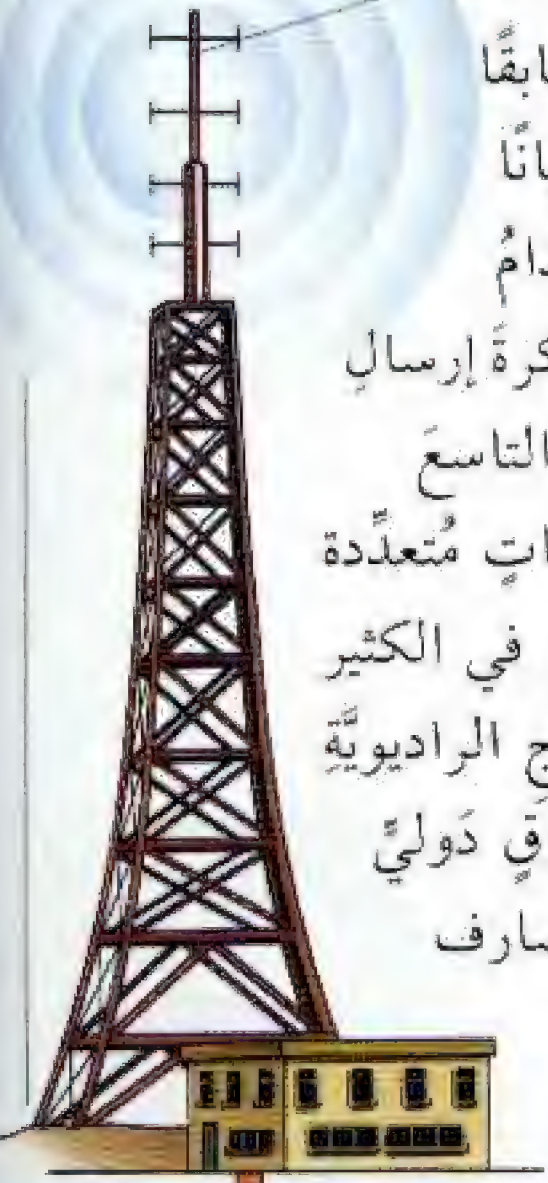
## لَمزيدِ مِنَ المَعلُوماتِ انظُرْ

- المُولَّداتُ ص ١٥٩
- مُوقَعاتُ الكِترُونِيَّةِ ص ١٦٨
- الطَيفُ الكَهرَمَغنَطِيسِي ص ١٩٢
- التَلِيسْكوپاتُ الأَرْضِيَّةُ ص ٢٩٧



# التلفزيون

مرسل تلفزيوني



أصبح التلفزيون عاملاً مهماً في حياتنا - نتعرف به أماكن لم نرها سابقاً وربما لن نراها مستقبلاً، ونرى عبره الأحداث حال وقوعها، وأحياناً كثيرة نشاهد بعض برامجهم لمجرد التسلية والمتعة. لقد شاع استخدام التلفزيون في المنازل منذ الخمسينيات من القرن العشرين، لكن فكرة إرسال الصور عبر مسافات بعيدة راودت العلماء والمخترعين منذ القرن التاسع عشر. ونحن نعلم اليوم بأنظمة تلفزة عالية النوعية بفضل مخترعات متعددة لعل أهمها الصمامات والترانزستورات وأنايب الأشعة الكاثودية. في الكثير من البلدان تبت الصور والأصوات التلفزيونية محلياً باستخدام الأمواج الراديوية الفائقة التردد، أو كإشارات كهربائية عبر الكبل؛ كما ترسل على نطاق دولي بواسطة السواقل. وتستخدم التلفزة المغلقة الدارة في مراقبة أمن المصارف والمؤسسات حيث تنقل الصور من الكاميرا إلى الشاشة مباشرة.



ستوديو تلفزيوني

تنقل إشارات الصور، من الكاميرات، وإشارات الصوت، من الميكروفونات، إلى غرفة المراقبة المشرفة على الاستوديو، حيث تظهر جميع الصور على شاشات متعددة. ويقوم مخرج البرنامج بانتقاء الصورة المراد بثها وتوقيت الانتقال إلى لقطة أخرى.

## البث التلفزيوني الحي

في البث التلفزيوني الحي تحول الكاميرا التلفزيونية أضواء المشهد إلى إشارات كهربائية ترسل لاسلكياً فتنحدر صوراً في التلفاز (جهاز التلفزيون).



يدخل الضوء إلى الكاميرا عبر العدسة الأولى. مرآيا خاصة تحلل الضوء إلى ألوانه الرئيسية الثلاثة.



يسقط الضوء الأحمر والأزرق والأخضر على صمامات منفصلة.

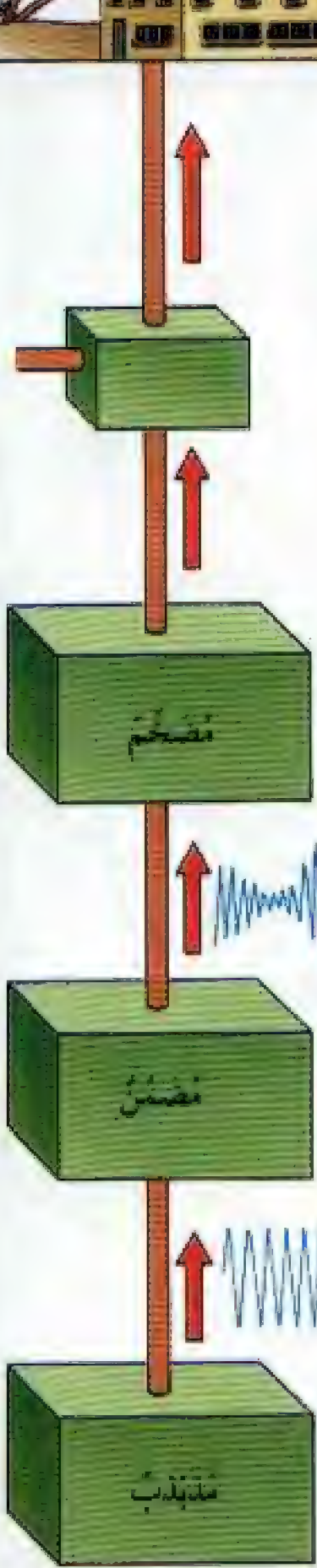
## الكاميرا التلفزيونية

في نوع بسيط من كاميرات التلفزة الملونة، يمر الضوء من المشهد عبر مرآيا خاصة تحلل الضوء إلى ألوانه الأولية - الأحمر والأخضر والأزرق. فتكون للمشاهد صور بتلك الألوان على صمامات الكاميرا الثلاثة التي تسمح الصور خطاً خطاً، ثم يبتعث كل صمام إشارة كهربائية تتناسب شدتها مع تألق كل خط من الصورة.

يقوي المضخم الإشارة الحاملة المضخنة، التي تولف (بالمزج) مع إشارة حاملة أخرى مضخنة التردد مع الإشارة الصوتية.

تضخم سعة الإشارة المرئية الإشارة الحاملة.

يولد المذبذب إشارة حاملة كما في المرسل اللاسلكي.



## قاعة العرض

في هذه القاعة، تختار وتراقب جميع الإشارات المبتعثة من مصادر حيّة أو مسجلة؛ وتعرض الصور على شاشات عدّة أجهزة مراقبة. ومن قاعة العرض هذه، ترسل، إلى المرسل التلفزيوني، إشارة الصوت وإشارة مرئية واحدة تحوي جميع المعلومات المرئية مع نبضات التزامن التي تمكن جهاز الاستقبال من استعادة الصورة على الوجه الصحيح.

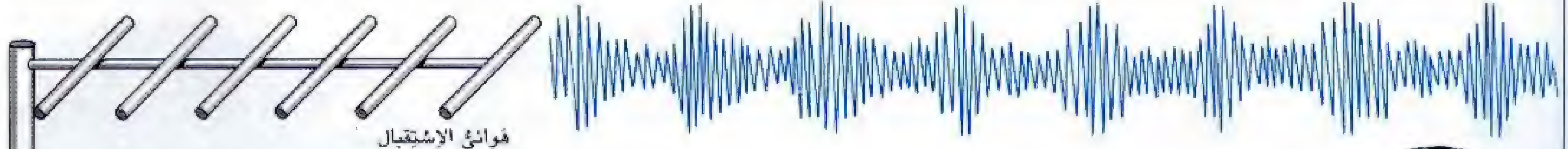


## الأفلام والأشرطة المسجلة

يُدار الفيلم السينمائي في مكتبة سينما تلفزيونية فتكون إشارات كهربائية من الأصوات والصور المسجلة على الفيلم. أما البرامج المسجلة على أشرطة فتستعاد بواسطة جهاز فيديو. وتتقبل جميع الإشارات الصوتية والمرئية من مصادرها المختلفة إلى قاعة العرض، وهي قاعة مراقبة تجاور ستوديو المذيعين.



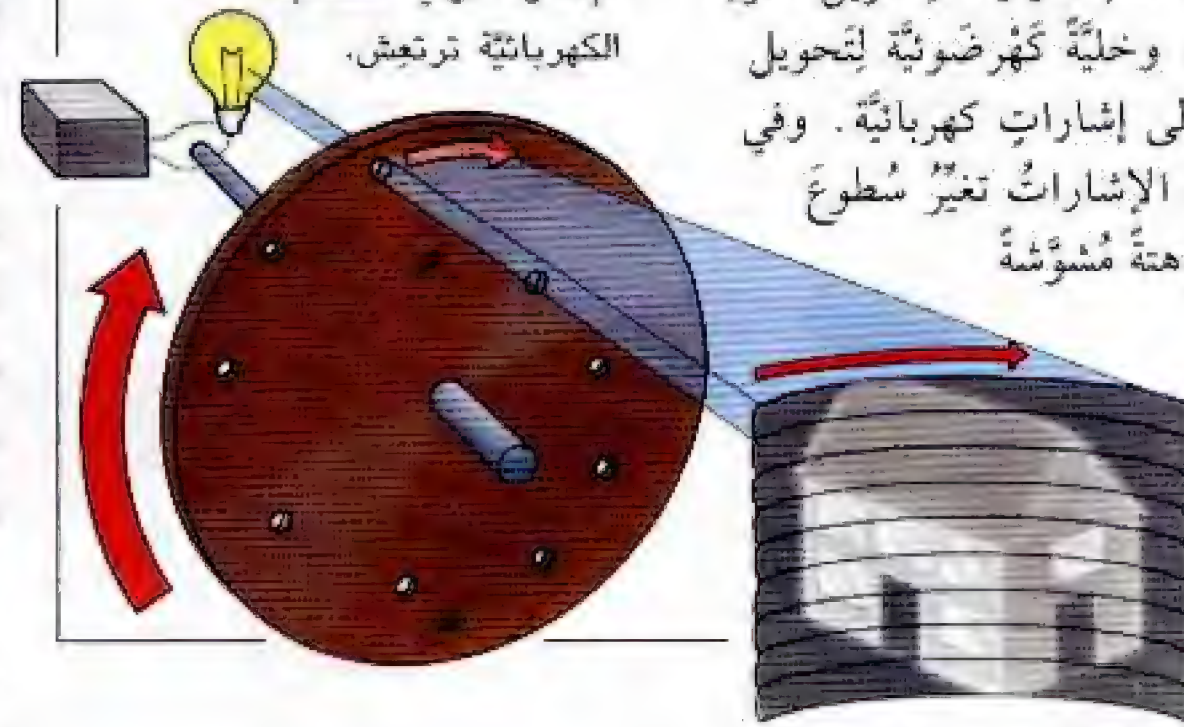




## المُستقبلات التلفزيونية

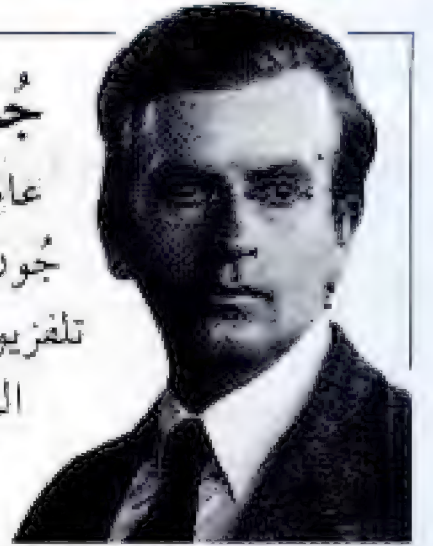
تتقبل إشارات المرسل التلفزيوني عبر الهواء بسرعة الضوء كأمواج لاسلكية، فيحولها هوائى الاستقبال، الموصول بجهاز التلفزيون، ثانية إلى إشارات كهربائية. وبأستخدام دارات الموائفة الإلكترونية في المستقبل يمكنك أستقبال المحطة التلفزيونية التي تريدها. أما في التلفزة الملونة، فتعمل دارات أخرى على فرز المقومات اللونية الثلاثة في الإشارة المرئية؛ فيستخدمها صمام الصور (أنبوب الأشعة الكاثودية) لاستعادة الصورة بألوانها الكاملة - في حين يستعيد المجهاز الإشارة الصوتية.

قرص بيرد المدوم كان من اختراع يول نيكو (١٨٦٠-١٩٤٠). ويبيّن المخطط أدناه كيف إن قرصا تساعي الثقوب ينتج صورة عندما تجعل الإشارة المرئية الضمجة الكهربائية ترتعش.



## جون لوجي بيرد

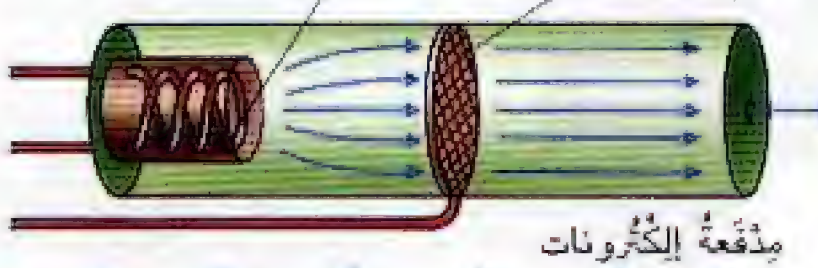
عام ١٩٢٦، عرض رائد التلفزيون، الإسكتلندي جون لوجي بيرد (١٨٨٨-١٩٤٦) أول منظومة تلفزيونية مستخدما قرصا مثقبا دوارا، لتحويل ضوء المشهد إلى خطوط، وخلية كهروضوئية لتحويل تغيرات السطوع إلى إشارات كهربائية. وفي مستقبل بيرد كانت الإشارات تغير سطوع



ضمجة كهربائية، فيرى المشاهد صورة باهتة مشوشة عبر ثقوب قرص مدوم آخر. وسرعان ما استبدلت منظومة بيرد ليحل محلها منظومة إلكترونية بالكامل من نوعية أفضل.

تسخن فتيلة تسخين كهربائية الكاثود المعدني المحيط بها، فينتج إلكترونات.

تتدفق الإلكترونات كحزمة عبر الأنودات إلى شاشة الأنبوب الموجبة الشحنة.

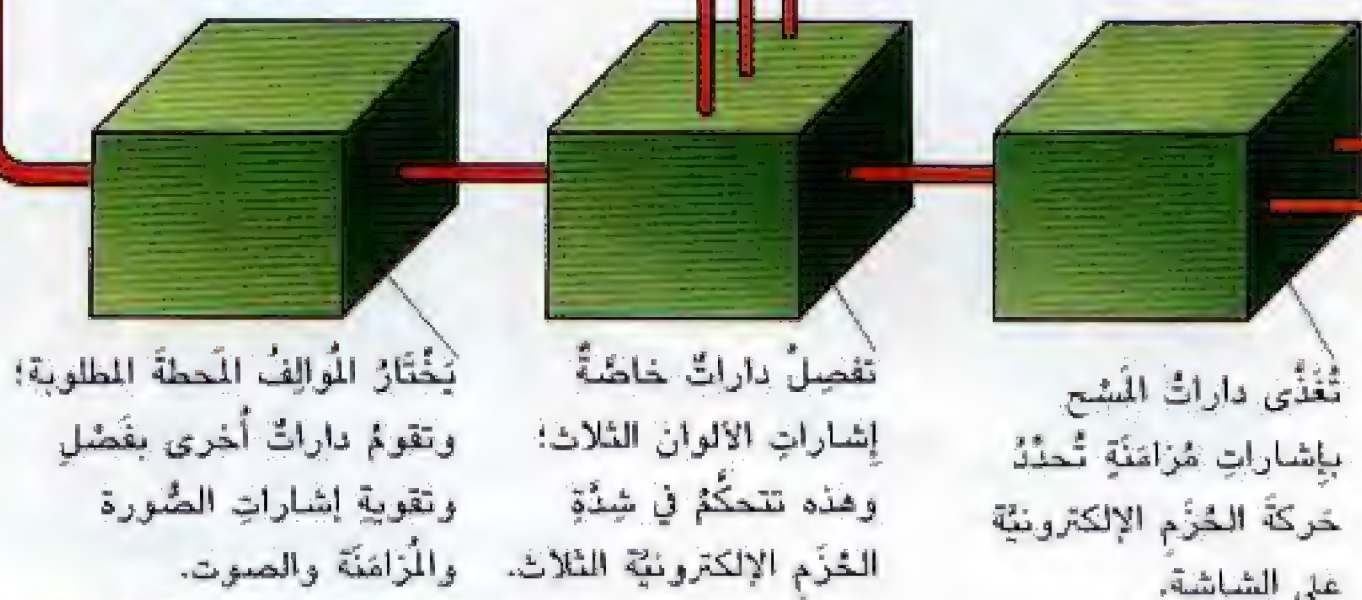


تطلق مدفعة الإلكترونات داخل أنبوب (صمام) الأشعة الكاثودية حزمة إلكترونية على شاشة العرض - في حين تصير صمامات الألوان حزمة منفصلة لكل لون من الألوان الأولية الثلاثة. وتتغير شدة هذه الحزم وفقا لسطوع مقومات الألوان في المشهد الأصلي.

كل مدفعة إلكترونات تنتج لونا واحدا - أحمر أو أخضر أو أزرق.

## إشارة الصورة

يلتقط هوائى الاستقبال الإشارة التي يبثها المرسل ويحولها إلى إشارة كهربائية تسري نزولا عبر سلك خاص إلى المستقبل.



يختار الموائف المحطة المطلوبة؛ وتقوم دارات أخرى بفضل وتقوية إشارات الصورة والمزامنة والصوت.

تفصيل دارات خاصة: إشارات الألوان الثلاثة؛ وهذه تتحكم في شدة الحزم الإلكترونية الثلاثة.

تغذية دارات المسح بإشارات مزامنة تحدد حركة الحزم الإلكترونية على الشاشة.

توجه هذه المغنطيسات الكهربائية مسار الحزمة الإلكترونية عبر الشاشة.

تسلط إشارة المسح العمودي على المغنطيسين الكهربيين الأيسر والأيمن.

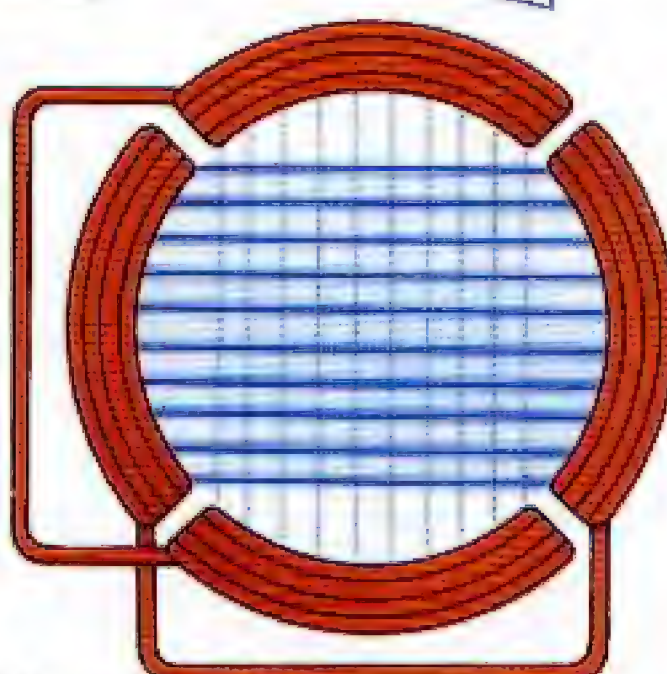


## مسح متساوي

تعرض على الشاشة في كل ثانية ٢٥ أو ٣٠ صورة كاملة - علما أن الخطوط الوترية تعرض متناوبة مع الخطوط الشفعية جاعلة عدد الصور ٥٠ أو ٦٠ صورة في الثانية. والمعروف أن زيادة معدل الصور على هذا النحو يخفض رعايتها.

## المسح

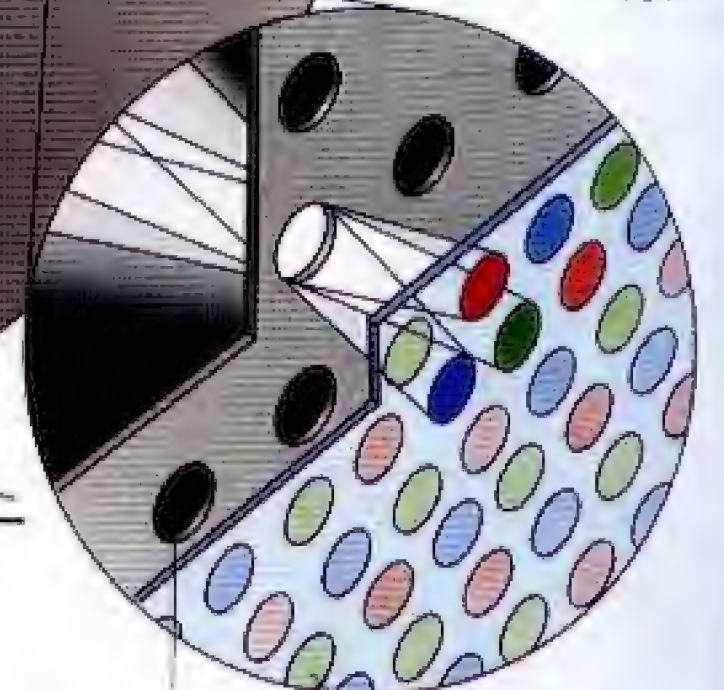
في المستقبل التلفزيوني، تحرك الحزم الإلكترونية بسرعة عبر الشاشة بواسطة زوجين من المغنطيسات الكهربائية تعرف بالملفات الحارة للخطوط والمجالات. فتغير التيارات عبر هذه الملفات تغير مجالاتها المغنطيسية حارة الحزم الإلكترونية أفقيا وعموديا على شاشة العرض.



تسلط إشارة المسح الأفقي على المغنطيسين الكهربيين العلوي والسفلي.

## الصور الملونة

تغير شدة الحزمة الإلكترونية خلال مسح الشاشة، مغيرة بذلك سطوع الفسفرات (تقع الكيمائيات المتفسفة) عليها. وهكذا ترسم الحزم الإلكترونية ثلاث صور ملونة متطابقة على الشاشة تبدو لعين الناظر صورة واحدة بكامل الألوان.



الشاشة مغطاة بنقع بجرية من الفسفرات. حاجز مثقوب لانتقاء اللون.

## شاشة التلفزيون

تغطي شاشة التلفزيون نقاط الفسفرات التي تنوهج باللون الأحمر أو الأخضر أو الأزرق عندما تصدمها الحزمة الإلكترونية. بعض أنابيب الصورة، في التلفزيون الملون، تحوي حاجزا مثقبا خلف الشاشة، تؤمن قوته أن تصدم الحزمة الإلكترونية الواحدة نوعا واحدا من الفسفرات فقط. وهكذا تكون كل حزمة صورة من لون واحد.

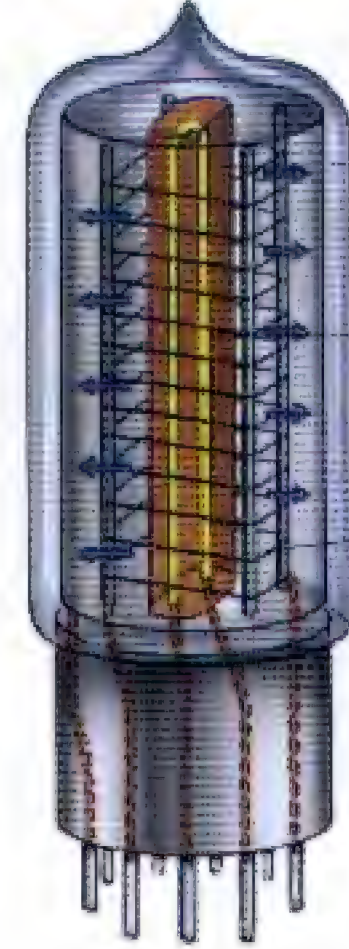
## لمزيد من المعلومات انظر

- البينة الذرية ص ٢٤
- الرأديو ص ١٦٤
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- الألوان ص ٢٠٢
- السينما ص ٢٠٨



# مَقَوِّمَاتُ إِيْلِكْتَرُونِيَّة

الإِلِكْتَرُونِيَّاتُ كانت الأكثرَ أثرًا في حياتنا من بين فروع التَّقانة (التكنولوجيا) الحديثة المتعددة. وكانت أجهزة الراديو والتلفزيون ومعاير الأسطوانات والمُسجَلات الشريطية أول هذه النبائط الإِلِكْتَرُونِيَّة توافراً وشيوعاً. ويعتمد عمل هذه النبائط على مَقَوِّمَات إِيْلِكْتَرُونِيَّة لا غنى عنها للتحكم في الإشارات الكهربائية أو تغييرها بشكل ما، نذكر منها المَقاوِمات والمُكثِّفات والترانزستورات (المُحوِّزات) والدايودات (الصمامات الثنائية). واليوم تُصنَّع هذه المَقَوِّمَات صُغْرِيَّة مُنَمَّمة بحيث يُمكن استخدامها في نبائط أخرى. فبعض الساعات، مثلاً، يحوي دارات إِيْلِكْتَرُونِيَّة مُعَقَّدة تبيِّن لك الوقت في مختلف بلدان العالم، وبعض الكاميرات مُزوَّد بمَقَوِّم إِيْلِكْتَرُونِي يَضْبِط وضع العدسة وسرعة الغلق (للتعريض الصحيح) تلقائياً.



الإِلِكْتَرُونَاتُ في الترابود (الصمام الثلاثي) مُثَبَّتة في أنبوب زجاجي مُفْرَغ من الهواء.

يَبْتَعَثُ الكاثودُ الإِلِكْتَرُونَاتِ عند إحمائه بفتيلة سلكية مُتَوَهِّجة.

الشَّحْنَةُ السالبة على الشبكة تتحكَّم في سريان الإِلِكْتَرُونَاتِ إلى الأنود.

الأنود الموجب الشَّحْنَةُ يجذبُ الإِلِكْتَرُونَاتِ السالبة الشَّحْنَةُ.

الترابود (الصمام الثلاثي)

يتألَّف الترابود من كاثود وأنود

وشبكة سلكية بينهما؛ ويُستخدَم في تضخيم (تقوية) الإشارات الكهربائية.

عندما تُغذَّى الشبكة بإشارة صغيرة تتغيَّر شحنتها مُحدِّثة تغيَّرات كبيرة في سريان الإِلِكْتَرُونَاتِ إلى الأنود. لذا فالإشارة المُنتجة إلى الأنود هي شحنة مُضخَّمة عن الإشارة على الشبكة. وقد حلَّت الترانزستورات مؤخراً محلَّ الصمامات في الراديو، فظهرت راديوات الترانزستور الصغيرة الحجم جداً.

شلاسل البطارية

## الرَّادِيُو النَّقَّال

تحوي الراديوات النقلة مَقَوِّمَات إِيْلِكْتَرُونِيَّة مُعَدَّدة متباينة لِتُؤدِّي مهامَّ مُختلفة. فالهوائي يلتقط إشارات مَحَطَّات الإذاعة والترانزستورات تضخِّم هذه الإشارات. وبإستطاعتك أنتقاء المحطة التي تُريدُ باستخدام دائرة المُوالَفة المُؤَلَّفة من ملف ومُكثِّف مُتغيِّر. ويتم التحكم في الجَهارة بواسطة مُقاوِم مُتغيِّر يَضْبِط مُستوى الإشارات الصَوْتِيَّة التي تُغذِّي المُضخِّم النهائي والمُجْهَر.

مُجْهَر



مُكثِّف مُتغيِّر (يَضْبِطُ المُوالَفة)

مِقْلادُ انتقاء الخُرْمَة الموجية (أمواج

متوسطة بتردد عال جداً)

هوائي قضيب من الفريت

(الحديدية) (للأمواج المتوسطة)

الترانزستورات تُضخِّمُ الإشارات التي يلتقطها الهوائي.

لُوحَةُ الدَّارة

المطبوعة

هوائي قضيب

مُتداخِل (لترددات

العالية جداً)

دايود ضوء

مُقاوِم مُتغيِّر (يَضْبِطُ الجَهارة) بمِقْلاد (مفتاح) وُضِّل وقُطِع.

مُقْبِس سَمَاعَةِ الرَّاس

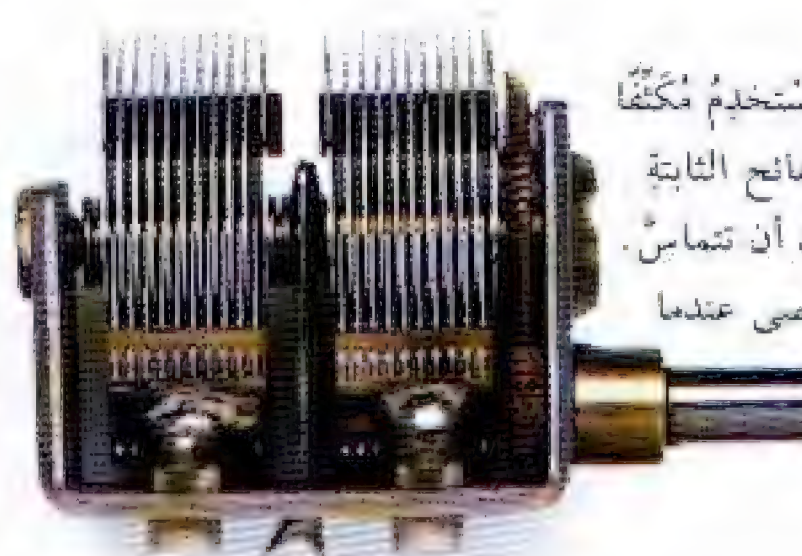
## الاستقبال

الإشارات المُضخَّمة السَّعة (إي إم) التي يَبْتَنِيها المُرسِلُ الرَّادِيُوِي هي أمواج لاسلكية مُتغيِّرة السَّعة. هوائي المُستقبِل يحوِّل كُلَّ هذه الأمواج إلى إشارات كهربائية مُضاهية تتلقا منها دائرة المُوالَفة الإشارة المطلوبة.

## الكُثْفُ (الاستخلاص)

تنتقل الإشارة المُستقبلة من دائرة المُوالَفة إلى الدايود، الذي يحوِّل الأمواج إلى نبضات كهربائية تُشحن المُكثِّف. وحيث إن المُكثِّف يحفظ مُعظم الشحنة بين النبضات، فإن الإشارة عِبره شبيهة بإشارة الصوت الأصلي.

تتحكَّم المُقاوِمات في شِدَّة تيار الدَّارة. فالمقاوِم العالي المُقاوِمَة يُمرِّرُ تياراً خفيض الشِدَّة نسبياً.



## مُكثِّف مُتغيِّر

عندما تُوالَف الراديو على محطة إذاعة تُستخدَم مُكثِّف مُتغيِّر يحوي مجموعة أو أكثر من الصفائح الثابتة والمُتحركة التي يُمكنها التقاطع معاً دون أن تماس. وتكون مُواسعة المُكثِّف في حَدِّها الأقصى عندما يكون تقاطع الصفائح الثابتة والمُتحركة كاملاً. وبتغيير المُواسعة ينتهي الراديو إشارات تَرَدُّد مُختلفة.

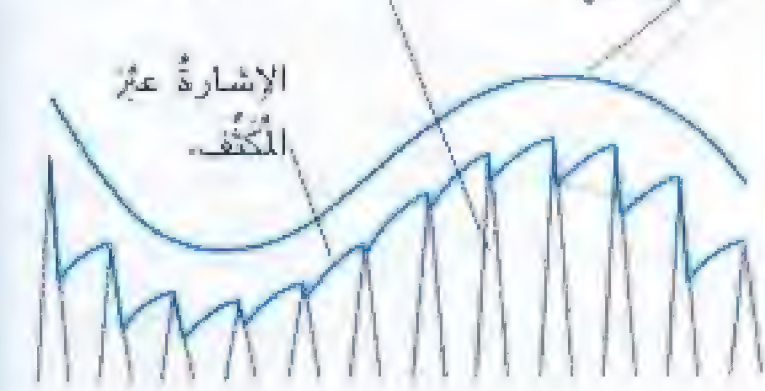
الدَّايودات تُحوِّل الإشارات المُتداخِلة إلى نبضات تيار مُستمر. وبذلك يُمكن إعادة تكوين الإشارة الصوتية.

يُحوِّل المُكثِّفُ نبضات التيار المستمر من المُستقبِل إلى إشارة صوتية سلسة بابقائه الشحنة بين النبضات.

شكْلُ الإشارة الصوتية المُحمَّلة بالأمواج الراديوية المُضخَّمة السَّعة



إشارة الصوت الأصلية





## مُقاوماتٌ حديثة

منذ العام ١٩٥٠ وتواليه بدأ تصنيع العديد من المُقاومات الإلكترونية بحجم أصغر بكثير، كما طُورت مُقاوماتٌ جديدة، وكلُّها من الصَّغر بحيث أصبحت المعدَّات المصغَّرة جدًّا شيئًا مألوفًا. حاليًّا تتواجد هذه المُقاومات، من ترانزستورات ومُقاومات ودايودات ومُكثِّفات، في العديد من الأدوات الإلكترونية المُتداولة. كما حقَّقت التكنولوجيا الحديثة مُقاوماتٍ أكثرَ موثوقيَّةً، كالدَّايودات الضَّوئية (الصَّمامات الثنائية الباعثة للضوء) التي أخذت تحلُّ محلَّ الصَّمامات الدِّلِّيَّة لأنها تكاد لا تتعطَّل أبدًا.



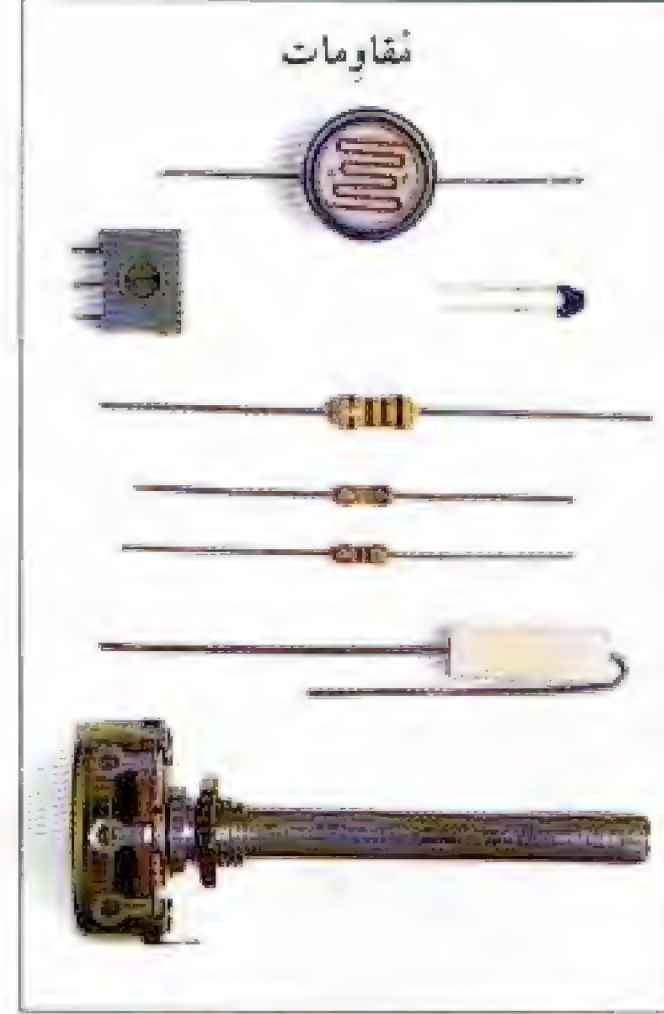
مُقاومٌ ضوئيّ  
الاعتمادية.

في واجهة المصباح الليلي الأوتوماتي اعلاه، يوجد مُقاومٌ حسَّاسٌ للضوء، تتزايد مُقاومته في العتمة، وتتأثَّر داراتٌ إلكترونيَّة بهذا التَّغيير فتُشعِّر النِّتَّار لِتُنبِّه ليلًا.

## المُقاومات

يجري التَّحكُّم في شدَّة التِّتَّار السَّاري في دارة كهربائيَّة بالمُقاومات؛ فالمُقاومُ العالي المُقاومة يُمرُّ تيارًا صغيرًا نسبيًّا. والمُقاومات المتغيِّرة المصنوعة من الكربون أو الأسلاك ذات مُلامسٍ انزلاقيٍّ يُمكن به تغيُّر المُقاومة. أمَّا المُقاومات الضَّوئيَّة الاعتمادية فتقلُّ مُقاومتها باشتداد الضوء؛ كما إنَّ مُعظم المُقاومات الحراريَّة الاعتمادية (الترستورات) تقلُّ مُقاومتها بارتفاع درجة الحرارة.

## مُقاومات



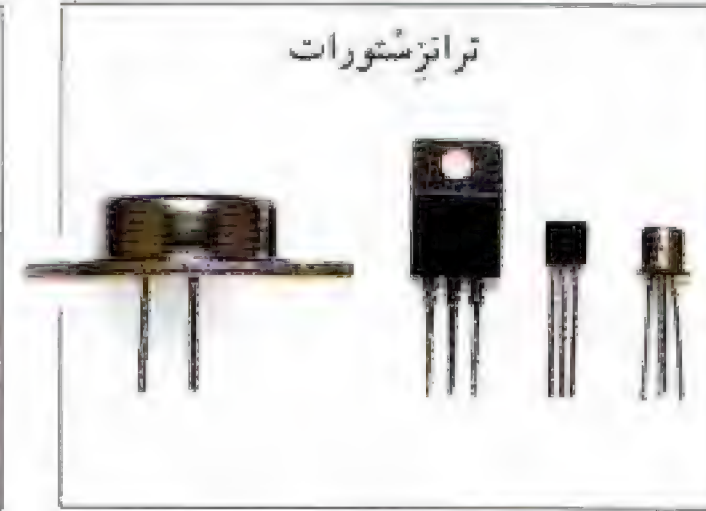
## مُكثِّفات



## دايودات

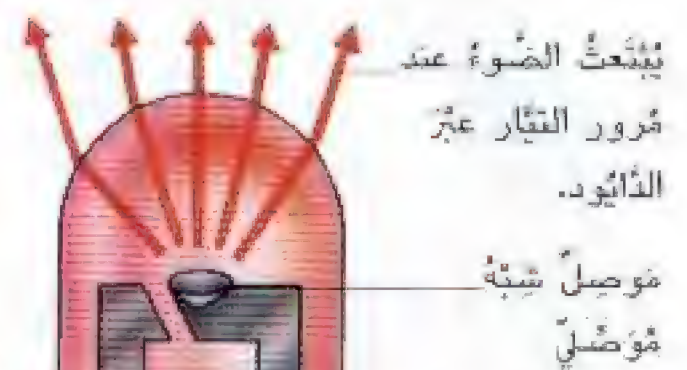


## ترانزستورات



## الدَّايودات (الصَّمامات الثنائية)

الدَّايودات في دارةٍ إلكترونيَّة، تسمحُ بسريان التِّتَّار الكهربائي في اتجاهٍ واحدٍ فقط. وهكذا فهي تحوِّل التِّتَّار المتناوب إلى نبضاتٍ من التِّتَّار المُستمر. تُصنَّعُ بعضُ الدَّايودات للاضطلاع بالتَّيارات الضَّعيفة؛ بينما تستطيعُ أخرى تداوُلُ التَّيارات العالية جدًّا. ومن الدَّايودات ما هو ضوِّاء (باعثٌ للضوء) فيُستخدَمُ كصمامٍ دِّلِّيٍّ.



## مُقاوماتُ الدايود

## الضَّوِّاء

تتألَّفُ الدَّايودات الباعثة للضوء من موصِّلٍ شبه موصِّلٍ في كَبسولَةٍ لدائنيَّة. يَنبُعُثُ الدايود نورًا عندما يَمُرُّ تيارٌ عبره. والدَّايودات الضَّوئية نادرةٌ التَّعطُّل جدًّا لذا تُستخدَمُ بدلًا من الصَّمامات.

## الترانزستورات (المُحوِّزات)

الترانزستورات مُقاوماتٌ تُضخِّمُ التِّتَّار الكهربائي، ومُمكنها أيضًا وَضْلُهُ وَقَطْعُهُ. وتختلفُ الترانزستورات تبعًا لمدى تردِّد الإشارات التي نستطيعُ تداوُلها. مُعظمُ الترانزستورات لا تستهلكُ سوى بضعة ملي أمبيراتٍ فقط من مَوْرِدٍ فُلْطِيَّةٍ ١٢ فُلْطًا أو أقل. والترانزستورات التي تداوُلُ قُدْرَاتٍ عاليةً تُسخنُ، لذا فهي تُزوَّدُ بِنابضٍ فِلْزِيَّةٍ مُزَعَمَةٍ، تدعى بوالبع حراريَّة، لإشعاع الحرارة.



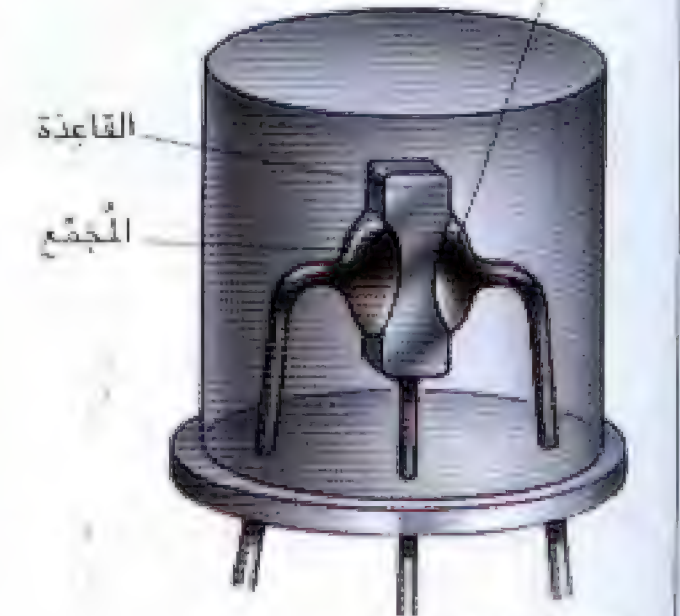
## كيف يَعمَلُ الترانزستور

التغيُّر الصَّغيرُ في التِّتَّار السَّاري في القاعدة يُسبِّبُ تغيُّرًا أكبرَ في التِّتَّار السَّاري عِبرَ المُجمِّع. وهكذا فإنَّ تسليطَ إشارةٍ صغيرةٍ على القاعدة يُظهرُ كإشارةٍ أكبرَ على المُجمِّع. وتُسمَّى تقويَّةُ الإشارة بهذه الطريقة التَّضخيم.

## المُضخِّم

يُحوي المُضخِّمُ دارةً تُكَبِّرُ الإشارةَ الكهربائيَّةَ الصَّغيرة. وتُغذِّي الترانزستورات الإشارة المُضخَّمة (المُقوَّاة) إلى المُجهَّز.

## المُنبعث



## مُقاوماتُ الترانزستور

تتألَّفُ هذا الترانزستور من طبقةٍ شبه موصِّلٍ من النمط م (النمط الإيجابي) محصورة بين طبقتي شبه موصِّلٍ من النمط س (النمط السلبي). الطبقة الوُسطى هي قاعدةُ الترانزستور، أمَّا الطبقتان الخارجيتان فتولِّقانِ الفولتاج المُنبعث والمُجمِّع.



## تتضمَّنُ وحدةُ الوُضْع

مُكثِّفًا يُخزِّنُ شِحنةً كهربائيَّةً، فعندما تتطَلَّقُ الشَّحنةُ إلى صمامٍ خاصٍّ، يتولَّدُ وميضٌ ساطعٌ.

## المُكثِّفات

المُكثِّفاتُ نابضَةٌ تُخزِّنُ شِحنةً كهربائيَّةً وتُطلِّقُها عند الحاجة. وتتألَّفُ المُكثِّفُ من طبقتين فِلْزِيَّتَيْنِ تُفصلُ بينهما طبقةٌ عازلةٌ، كاللدائن مثلاً. أمَّا المُكثِّفاتُ الكهربائيَّةُ فتُصنَّعُ بترسيب طبقةٍ عازلةٍ بالكهْرَلَة على صفائحٍ من الألومنيوم. وتختزنُ المُكثِّفاتُ المُختلفةُ القيمةَ السَّويَّةَ كميَّاتٍ مُختلفةً من الشَّحنة عندما تَمُرُّ الفُلْطِيَّةُ بنفسها عِبرَ صفائحها.



## الدَّايودات الضَّوئية

تُستخدَمُ الدَّايودات الضَّوئية لإضاءة الأرقام في بعض الحاسبات، أو كمُوسَّراتٍ على اللُّوحات الإلكترونية. وتتألَّفُ مُوسَّراتُ مُستوى الصَّوت في بعض المُضخِّمات من أعمدةٍ من هذه الدَّايودات، إذ يزدادُ عدَدُ الدَّايودات المُنبِرة بزيادة مُستويات الصَّوت.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكهْرَلَة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الكهرباء التَّيارية ص ١٤٨
- الدَّاراتُ الكهربائيَّة ص ١٥٢
- الرَّاديو ص ١٦٤
- الدَّاراتُ المتكاملة ص ١٧٠
- الحاسبات ص ١٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الدَّاراتُ المتكاملة

هنالك جزءٌ صغيرٌ داخلَ اللعبة الإلكترونية يتحكّم في سائر أنشطتها - يُحرّك الأحرف أو الرّموزَ على الشاشة، يُسجّلُ الإصابات، ويصدرُ الطّنينَ إذا رُبِحت أو خُسِرت. هذا الجزء الصغير هو دائرةٌ متكاملة (أو رُقاقةٌ سليكونيّة) دقيقةٌ لا تتجاوزُ مساحتها بضعة مليمتراتٍ مُربّعة. الرُقاقةُ تضمُّ المَقوّماتِ الإلكترونيّة كُلّها؛ وهناك الآلاف منها على الرُقاقة السليكونيّة الدقيقة. تُؤدّي الداراتُ المتكاملةُ مُختلفَ المُهمّاتِ نفسها التي تقومُ بها الداراتُ المصنوعةُ من مَقوّماتٍ إلكترونيّة مُنفصلة. والرّقاقاتُ بكونها قليلةُ كلفةٍ التصنيع وعالية الموثوقيّة، أسهمت في جعلِ المُعدّات الإلكترونية أرخصَ ثمنًا وأصغرَ حجمًا وأكثرَ كفايةً وفعاليّة.

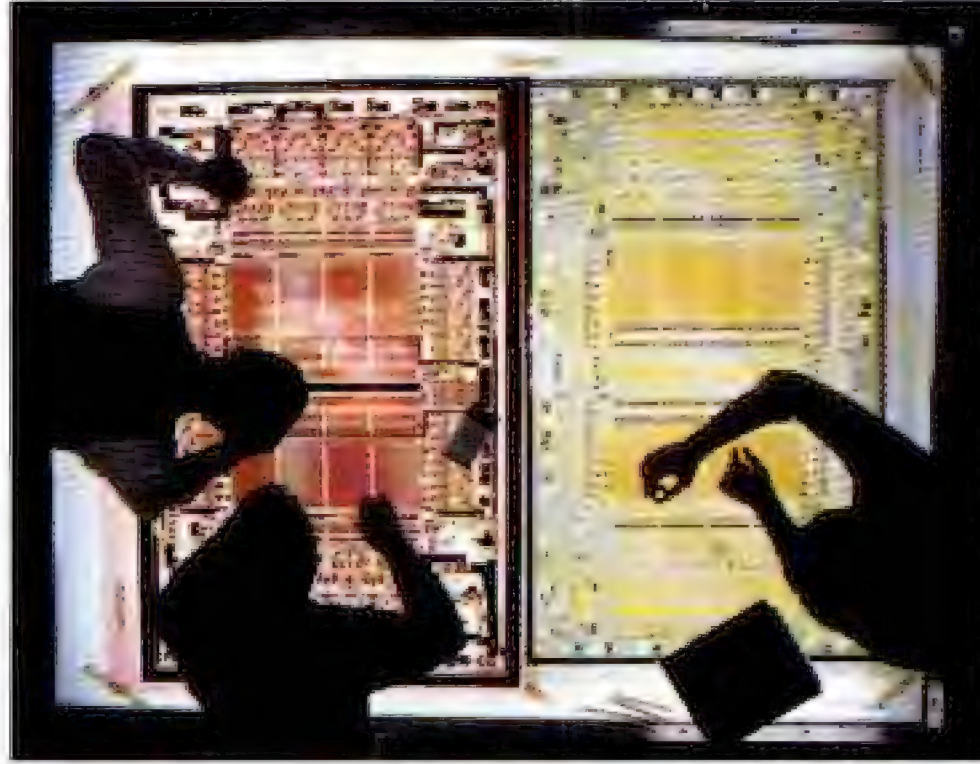


## لُعبة إلكترونيّة

اللُعبة الإلكترونيّة اليدويّة هي حابيات مكرّسة مُبرّجة لأداء عملٍ مُعيّن فقط. فاللُعبة أعلاه تعرض على شاشتها مشهدًا فضائيًا يقوم فيه اللاعبون بإطلاق النار على السفن الفضائيّة المُعادية.

## تصميم الدّارة

قَبْلَ أن تُصنع الدّارة المتكاملة، يُرسمُ مُخطّطٌ كبيرٌ لها بالكامل ويُراجعُ للدقّة. وحيثُ إنّ الدّارات المتكاملة تُركّب من طبقات، فإنّه يُصارُ إلى تصميم كُلّ طبقةٍ على جدوِّ ورسمها. ثم يُصنّع من هذه التصميمات نُسخةٌ بحجم الرُقاقة تُدعى القناع.



## الدّاراتُ المُصغّرة

تُشكّل داراتٌ متكاملةٌ متعدّدة في الوقت نفسه على الرُقاقة السليكونيّة، وهي شريحة من بلّورة سليكونيّة نقيّة. بعد التصنيع تُختبرُ كُلُّ دائرةٍ بمفردها إلكترونيًا، ثم تُركّب الدّارات التي تتجاوزُ كُلَّ الاختبارات بنجاح في كبسولة لدائيّة أو خزفيّة وافيّة.

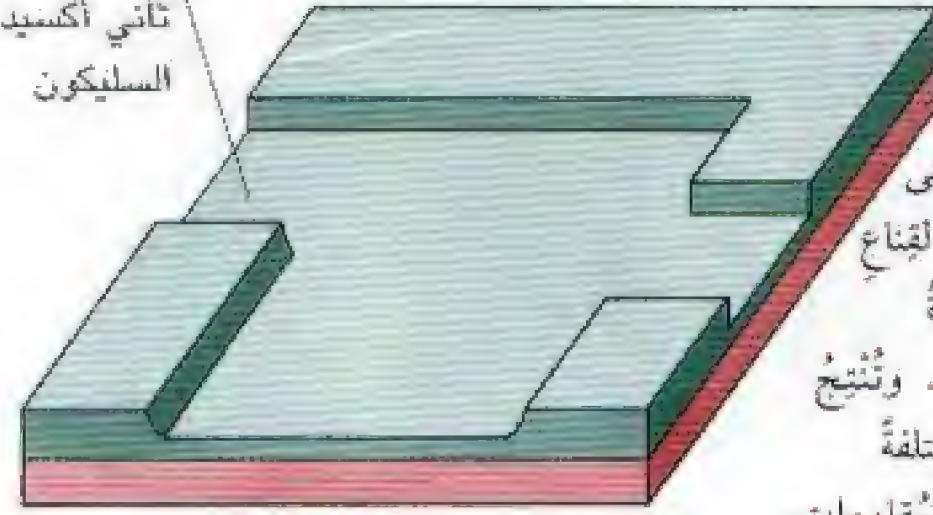
## الرُقاقة السليكونيّة شبه

مُوصّل من النمط م

## صنع الرّقاقات

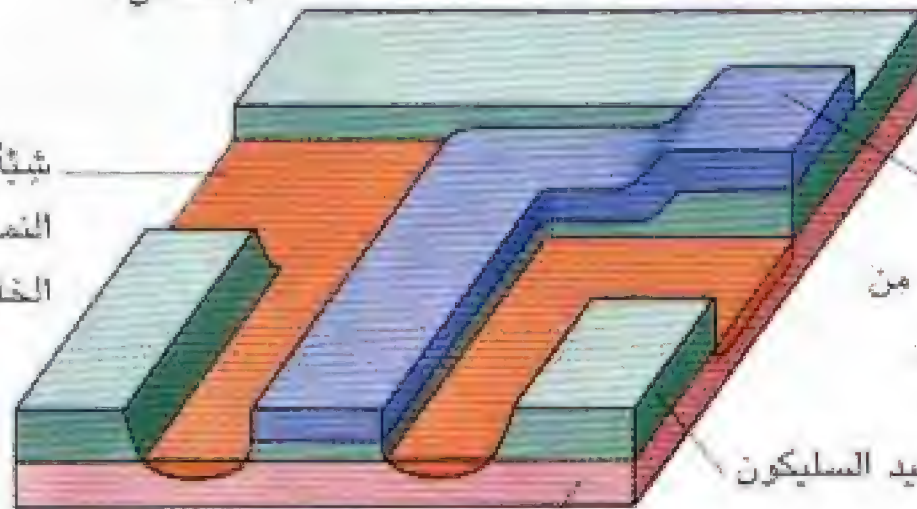
تُصنّع مَقوّمات الرُقاقة برصطب شبه مُوصّلات من السّليكون م و س وموادّ أخرى على القاعدة السليكونيّة، باستخدام القناع المعين دليلًا، وتُستخدَم الحرارة والكيمائيّات في تشكيل المواد. وتنتجُ التوليفاتُ المُختلفة مَقوّمات مُختلفة كالترانزستورات والدّيودات والمقاومات والمُكثّفات الخفيفة السّعة. إلى اليسار تَرَى ثلاثًا من المراحل المُتعدّدة التي ينطوي عليها إنتاجُ مَقومٍ واحدٍ على الرُقاقة - هو في هذه الحال ترانزستور من نوع خاص ذو إلكترونٍ مركزيٍّ مغزول.

طبقة عازلة من ثاني أكسيد السليكون



## لَوْحَةُ الدّارة

بعضُ النّباتات البسيطة يَحوي رُقاقة رئيسيّة واحدة وبضعة مَقوّماتٍ أخرى. لكنّ الأجهزة الأكثر تعقيدًا، كالحاسوب، قد تحوي رِقائِق عديدة مُركّبة على لَوْحَة دارات مطبوعة، حيثُ التوصيلات بين الرّقائِق والمَقوّمات الأخرى «مطبوعة» بالنحاس.



إلكترون ترانزستوري من البوليسليكون

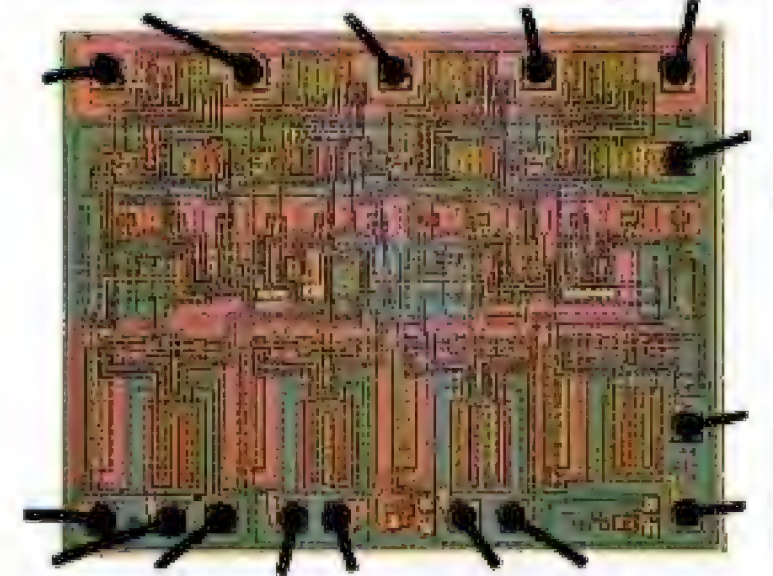
ثاني أكسيد السليكون

سليكون من النمط م

التوصيلات إلى الإلكترونيات تُصنّع من مُوصّل هو الألومنيوم.

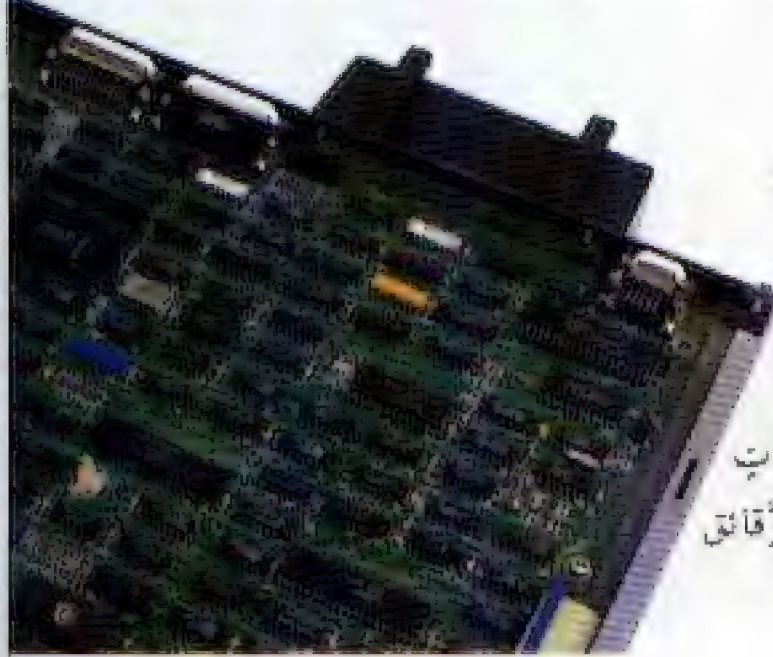
ثاني أكسيد السليكون

لا يزيدُ عَرْضُ هذا الترانزستور على واحدٍ بالآلاف من المليمتر.



## في داخل الرُقاقة

هذا جزءٌ من سطح رُقاقة سليكونيّة (دائرة متكاملة) مُكبّر ٤٠ مرّة. وتتمُ التوصيلات بداراتٍ أخرى عبر أسلاكٍ رفيعة تُلحمُ بوسيدات حوّل أطراف الرُقاقة.



رُقاقة في وسط كبسولة خزفيّة



شبه مُوصّل من النمط س للإلكترونيات الخارجيّة.

مُوصّل الرُقاقة بلوحة الدّارة بواسطة دبابيس يارزة.

## رُقاقة كبسوليّة

«الرُقاقة» التي تُشاهدُها على لَوْحَة دائرة هي في الحقيقة كبسولة تحمي رُقاقة في داخلها. وتتمُ التوصيلات بين الرُقاقة ولَوْحَة الدّارة بواسطة أسلاكٍ من الذهب مُتصلة بمساميرٍ فلزيّة تبرزُ من الكبسولة. وهذه المساميرُ تُلحمُ بلَوْحَة الدّارة أو توصّلُ بالقَبس في مقاييس خاصّة.



## استخدام الدارات المتكاملة

تستخدم لعبة الكرات (المتدحرجة) والمسامير هذه دائرة متكاملة بسيطة تحوي عدة بوابات منطقية - تتألف الواحدة منها من بضعة ترانزستورات ومقومات أخرى. وتستجيب البوابة المنطقية لتواجد أو غياب الإشارات الواردة، وتصدر الخرج الملائم. وتُشغل الرقاقة دايودات ضوئية ملونة تبين الشقوق التي تدخلها الكرات (الفلزية)، وتحدد الرّيح أو الحسارة. ولكي يربح اللاعب، عليه إدخال كرة واحدة على الأقل في كل من الشقين الأزرق والأصفر، وفي حالة الرّيح، يُضيء الدايود الأحمر. الأخضر كما يُضيء الأحمر في حالة الحسارة.

ما لم تدخل كرة الشقّ الأحمر «ج»، لا يحصل دخل في بوابة «لا». وفي هذه الحال ترسل إشارة الخرج إلى بوابة «و».

دايود ضوء

مقاوم

تُعطي بوابة «و» الثلاثة الدخل إشارة خرج فقط عندما تتواجد إشارة في كل من مواقع الدخل الثلاثة. وهكذا تُعطي بوابة «و» خرجاً عندما تتواجد كرة في أحد الشقين الأزرقين، وفي أحد الشقين الأصفرين ولا كرات في الشقّ الأحمر، والخرج من بوابة «و» يُضيء الدايود الأخضر دليلاً على الرّيح.

### بوابة «و»

تُعطي بوابة «و» المزدوجة الدخل خرجاً عندما تُسلط إشارة إلى كلا موقعي الدخل.



الخرج	الدخل ب	الدخل أ
0	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	1



الخرج	الدخل ب	الدخل أ
0	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

### بوابة «أو»

تُعطي بوابة «أو» المزدوجة الدخل خرجاً عندما تُسلط إشارة إلى أحد موقعي الدخل أو كليهما.

### بوابة «لا»

تُعطي بوابة «لا» خرجاً عندما لا تُسلط إشارة إلى دخلها. كما لا تُعطي إشارة خرج بوجود إشارة دخل. أحياناً تُدعى بوابة «لا» عاكس الطور.



الخرج	الدخل
1	0
0	1

## دائرة الكرات (المتدحرجة) والمسامير

عندما تدرج كرة إلى أحد الشقوق تحدث موصليتها تماساً بين الفلزيّين اللذين يتصل أحدهما بقطعة موصلة ضعيفة. وهكذا فإنه عند عبور كرة إلى شقّ، يوجه ذلك الشقّ الإشارة المُسلطة إلى إحدى البوابات - علماً أنّ الدارة مُرتبة بحيث يُضيء الدايود ذو اللون الصحيح في الشقّ المعين. إنّ تمديدات القدرة إلى البوابات المنطقية لا تظهر في الرسم أعلاه.

## البوابات المنطقية

تعمل البوابات المنطقية بإشارات رقمية - غالباً بوجود أو غياب قطعة موصلة ضعيفة، وتبين جداول الصواب نتائج تسليط الإشارات المنطقية على هذه البوابات. في جدول الصواب يُدوّن وجود الإشارة بالرقم 1 وعدم وجودها بالصفر (0).

## من النظري (القياسي) إلى الرقمي

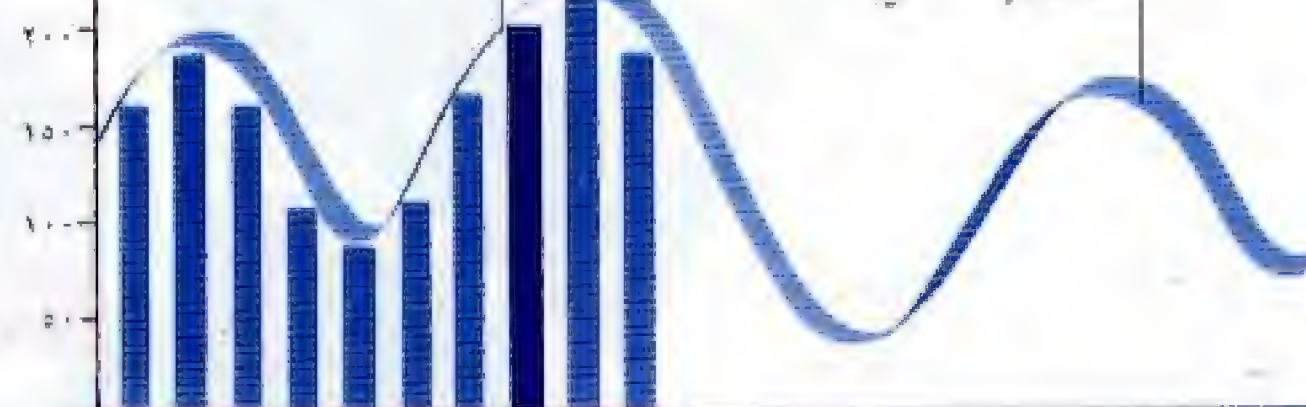
تستخدم دارات متكاملة مُصممة خصيصاً لتحويل الإشارات النظرية، كالإشارة الصوتية، إلى أشكال رقمية يمكن تخزينها في أسطوانة مُدمجة (مُرصّصة) مثلاً. وهذا يُكسب الصوت نوعية أفضل بكثير لأنه لا يُشوّه بالتضخيم ولا يلتقط الأصوات الدخيلة. كنهيس البلى في الأسطوانات المُسجلة. والإشارات الرقمية يُعاد تحويلها عند الاستقبال أو الاستعادة إلى إشارات نظرية (قياسية) هي، في الواقع، نسخ كهربائية نظرية للصوت أو الرؤية أو لإشارات أخرى، فتتغير باستمرار. أمّا الإشارات الرقمية فتتألف من نبضات بسيطة من الوصل والقطع.

### قياس الإشارة

لتحويل الإشارة النظرية (القياسية) إلى إشارة رقمية، نقيس دائرة متكاملة شدة الإشارة النظرية آلاف المرات كل ثانية. ثم نحول هذه القياسات إلى النمط الصحيح من الإشارات الرقمية.

إشارة كهربائية تكونها موجة صوتية

الجهاز



نقاس الإشارة النظرية وتحويل إلى نبضات رقمية في عدة نقاط على طول المنحنى.

128	64	32	16	8	4	2	1
1	1	0	0	1	0	0	0

القيمة 200 يُعبّر عنها في الترميز الرقمي الثنائي بالعدد 11001000 الذي يُمثّل 128 + 64 + 8 أي (2<sup>7</sup> + 2<sup>6</sup> + 2<sup>3</sup>).  
الإشارة الرقمية ثنائية الترميز، يُعبّر عنها بمتواليّة من الوصل (1) والقطع (0).

### لمزيد من المعلومات انظر

مقومات إلكترونية ص 168  
الحايبات ص 172  
تسجيل الصوت ص 188  
حقائق ومعلومات ص 410



# الحاسبات

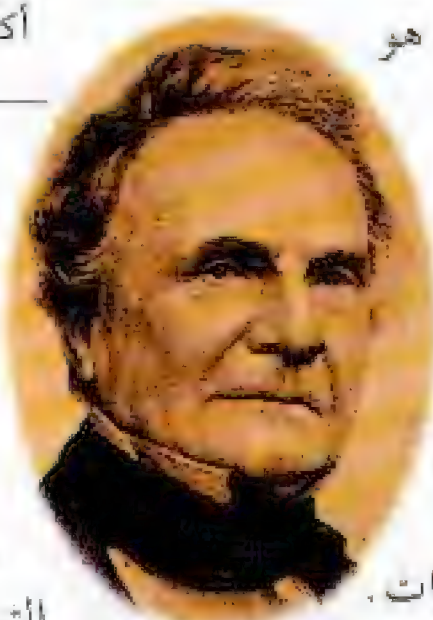


مَكِنَّةُ الْفُرُوقِ

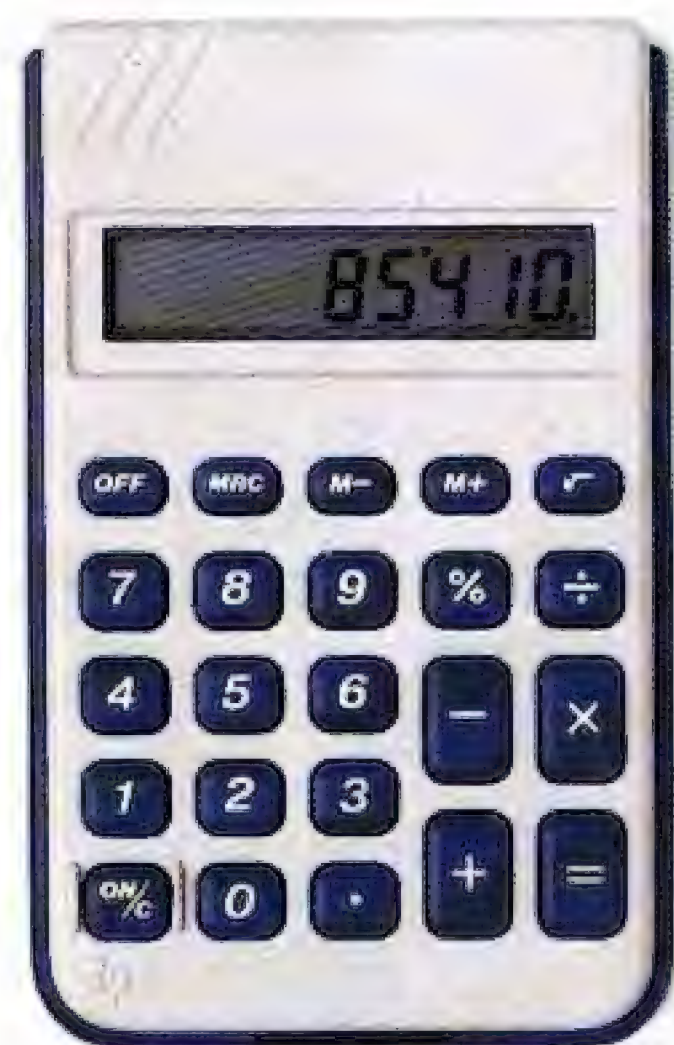
هذه الحاسبة البدائية المُعَقَّدة كانت أولى الحاسبات التي صمَّمها شارل باباج، وفيها أكثر من ٢٠٠٠ قطعة متحركة.

## شارل باباج

في مطلع الثلاثينيات من القرن التاسع عشر، صمَّم الرياضي الإنكليزي شارل باباج (١٧٢٩-١٨٧١) حاسبة ميكانيكية سُميت «المَكِنَّة التحليلية». وكان مُفترضًا لها أن تحوي مَخزنًا أو ذاكرة، للأرقام، ووَحدة حاسبة لإجراء العمليات الحسابية حسب التعليمات الواردة من وَحدة التحكم. وكان من ضمن التصميم أن تُغذِّي المَكِنَّة بالتعليمات (البرامج) مُرمزة كأنماط من الثقوب في بطاقات مُخَرَّمة - بحيث تكون قابلة للبرمجة (على عكس مَكينات الفُرُوق)، كما هي الحال في الحواسيب الحديثة التي أَعتمدت أساسًا هذه الأفكار. لقد كُرس باباج عدَّة سنوات من حياته وأنفق الكثير من ثروته على هذه المَكِنَّة التي لم تَرِ النور.



بعض الناس يستخدمون أصابعهم للعدِّ والحساب، ولعلَّ هذا هو سبب اعتمادنا النظام العشريَّ أساسًا لحساباتنا. يُستخدم نظام العدِّ العشريَّ الأرقام العشرة من ٠ (صفر) إلى ٩ (تسعة). أمَّا الحاسبات الإلكترونية الحديثة فتستخدم نظام العدِّ الثنائي ذا الرقعتين ٠ (صفر) و ١ (واحد). ذلك لأن الدارات الإلكترونية المُصمَّمة لتعرف مُستويي إشارتين فقط مُمثلان الصفر (٠) والواحد (١)، هي أبسط وأكثر موثوقية من الدارات المُصمَّمة لتعرف مُستويات عشر إشارات.



حاسبة الجيب

حاسبة الجيب، أعلاه، تحوي ذاكرة إضافية لتخزين الأعداد التي يُحتاج إليها في الحسبة لاحقًا. كما يُمكنها إيجاد الجذور التربيعية للأعداد، والنسب المئوية للزوايا.



## النظام الثنائي

يُمثل العدد العشري ٢٥ مثلاً، في النظام الثنائي بـ ١١٠٠١ أي ١ × ١، ٢ × ٠، ٤ × ٠، ٨ × ١، ١٦ × ٠. وقد يبدو هذا لنا مُعَقَّداً، لكنَّه من السهل جداً للحاسبة تمثيل وأختران وتُعرف كل من الصفر ٠ أو الواحد ١ كأيديام أو وجود قُلْطِيَّة كهربائية. والحاسبة شرعان ما تُحوِّل العدد الثنائي المحسوب آلياً إلى عدد عشري يظهر على إطارة العرض.

## لزيادة من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- مُقَوِّمات إلكترونية ص ١٦٨
- الدارات المتكاملة ص ١٧٠
- الحواسيب ص ١٧٣
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠



# الحواسيب

تستطيع الحواسيبُ مساعدتك في كتابة الرسائل ورسم الصور والسُّلوى بالألعاب وإجراء العمليات الحسابية بسرعة، وفي القيام بمهام عديدة أخرى. فقد يلزمك مثلاً، ساعاتٍ لحساب وتدوين جدول ضرب العدد ١٢ حتى ٣٠٠٠ ضرب ١٢؛ لكن الحاسوب يستطيع إنجاز ذلك في جدول أنيق الطباعة خالٍ من الأخطاء ضمن دقائق معدودات. يتناول الحاسوب النصوص المختلفة بتخزينها رموزاً تمثل حروف الأبجدية والفُسحات وعلامات الترقيم؛ واستخدام الحاسوب في كتابة النصوص وتحريرها يُسمى معالجة الكلمات. ويساعد الحاسوب أيضاً في إنتاج المخططات والرُّسوم البيانية دون الحاجة إلى ورق وأقلام. وفي أعمال النشر النضدي يجمع الحاسوب الكلمات والصور لإنتاج الجرائد والكتب والمجلات في المكتب. فيتواجد البرامج والمعدات (العتاد) الحاسوبية الملائمة يُمكنك القيام بجميع هذه الأشياء وكثير غيرها.

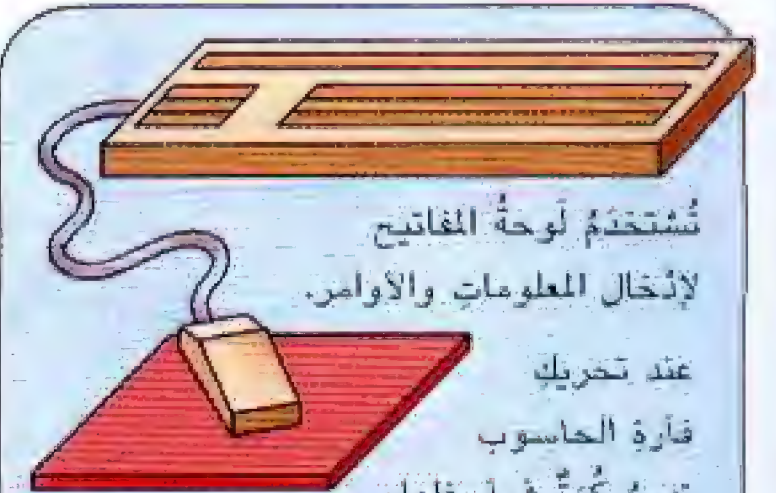


الحاسوب المصغر

الحاسوب المصغر الحقيقي يُمكن الناس من العمل أثناء السفر. بعض هذه الحواسيب يخزن المعلومات في ذاكرة مداومة القدرة بينما يخزن بعضها الآخر المعلومات في وحدة تخزين قُوصية.

## الحاسوب البيتي

الحاسوب المنزلي النموذجي مُزوّد بنائط لإدخال البيانات (المعلومات) والبرامج. وفي داخله دارات إلكترونية تقوم بالعمليات وتُرسل النتائج إلى نائط الخرج. وتغذى الحاسوب بالبرامج المُسجلة على أشرطة مغناطيسية أو أقراص مباشرة أو باستنطاقها في وحدة خاصة؛ كما يُمكن تغذيته بالمعلومات باستخدام لوحة مفاتيح أو أي نبيطة إدخال أخرى. أما خرج الحاسوب فهو عادةً على شكل كلمات أو أرقام أو صور تُعرض على شاشة أو تُطبع على ورق أو تُبثت أصواتاً عبر المِجْهَر، ويمكن تخزين هذا الخرج على شريط أو قرص.



تُستخدم لوحة المفاتيح لإدخال المعلومات والأوامر.

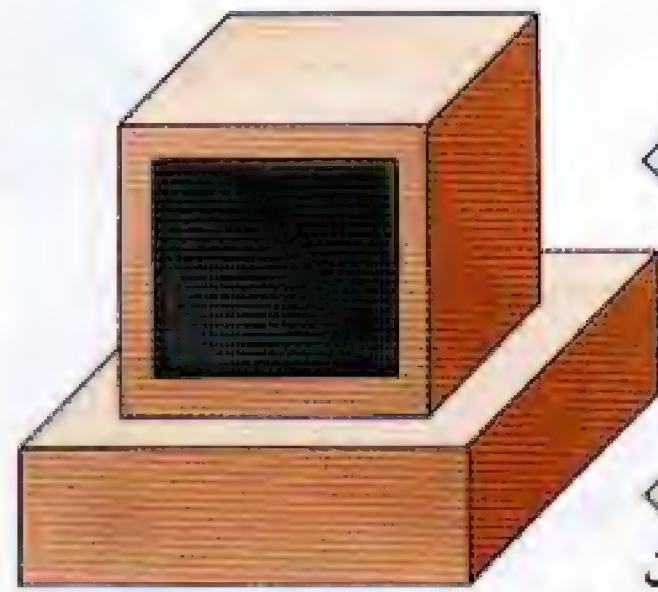
عند تحريك فأرة الحاسوب تدور كُرّة في أسفلها، ويتحوّل دورانها إلى إشارات إلكترونية تحرك مؤشرًا على الشاشة.



عند جرّ المِرْقَم على لوحة المخططات، تتحوّل الحركات إلى إشارات كهربائية، تجعل الحاسوب يحاكيها خطوطاً على الشاشة.

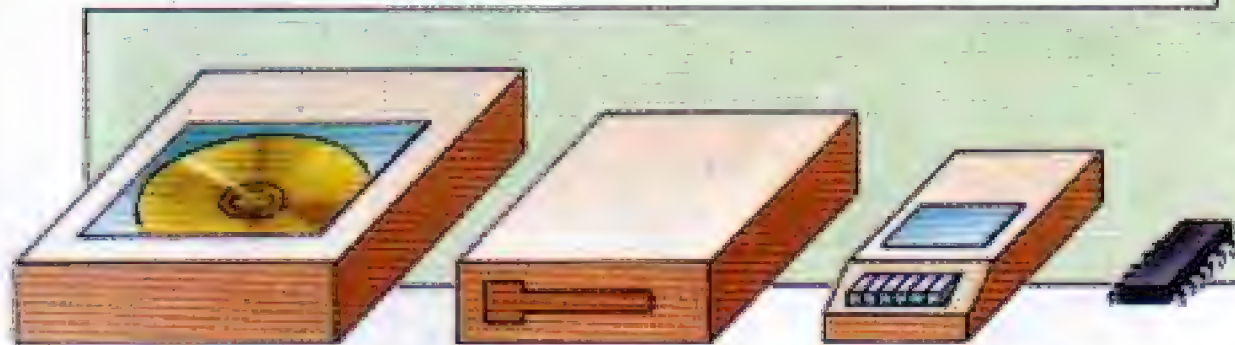


في ممارسة بعض الألعاب الحاسوبية تُستخدم أذرع تحكم لتوجيه المركبات حول الشاشة.



التخزين

الكميات الضخمة من المعلومات والتعليمات التي يتناولها الحاسوب لا بدّ لها من تخزين. والتعليمات التي تولّف البرامج تُخزن عادةً كنبضات على أشرطة مغناطيسية أو أقراص؛ فتغذى هذه التعليمات إلى الحاسوب وتُخزن مؤقتاً في رقائق الذاكرة. وهناك رقائق أخرى في الحاسوب تُخزن التعليمات على الدوام - كـ بعض الرسائل التي تُعرض على الشاشة لشيء المستخدم ماذا يفعل تالياً. وكثيراً ما تُستخدم الأشرطة المغناطيسية والأقراص أيضاً لتخزين ما أنجز من أعمال على الحاسوب.

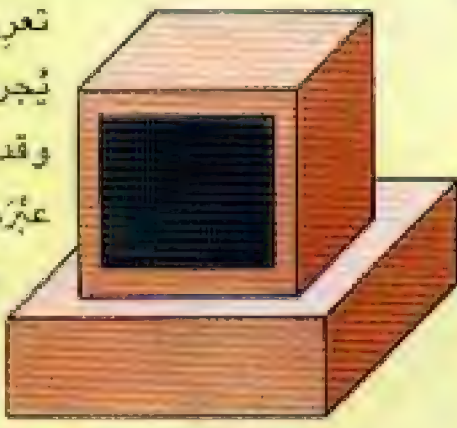


تُخزن الرقائق	يمكن استخدامها	تخزين البيانات	الأكاسيتات في أسرع عملاً من	تستطيع الأسطوانة المدمجة
المعلومات	الأكاسيتات	الأكاسيتات	الأكاسيتات	الواحدة، ذات الذاكرة القرائية فقط، تخزين كمّية ضخمة من المعلومات - كـ محتويات عدة كتب مثلاً.

## نائط الإخراج

يُمكنك عادةً مشاهدة عمل الحاسوب بِمِراقبة شاشته، كما يُمكنك الحصول على تسجيل دائم له في نسخ مطبوعة، بإرسال المعلومات في الحاسوب إلى الطابعة. أحياناً يُغذى خرج الحاسوب إلى حاسوب آخر عبر خط تلفوني باستخدام المودم (المُضَمِّن المُستخلص). وتستطيع الحواسيب أيضاً نقل توجيهاتنا إلى الروبوتات لتحرك حسب رغبتنا.

تعرض الشاشة ما يُجريه الحاسوب؛ وقد تُبثك الرسائل عبرها ما ينبغي عليك عقله تالياً، أو تُحذرك من بعض المشاكل.



الكثير من الطابعات تُشكّل حروفاً وضوئاً باستخدام مجموعات من النقاط.

المودم (المُضَمِّن المُستخلص)



يُحوّل إشارات الحاسوب بحيث يمكن تناقلها بالخطوط التلفونية بين الحواسيب.



تُبرمج الروبوتات للقيام بتجميع السيارات وفي أعمال صناعية أخرى.

## نائط الإدخال

الحواسيب المتعددة الأغراض لها لوحة مفاتيح تضم جميع حروف وأرقام الآلة الكاتبة، بالإضافة إلى بضعة مفاتيح أخرى. وتُستخدم لوحة المفاتيح في تغذية الحاسوب بالكلمات والأرقام، كما أيضاً في طباعة التوجيهات وفي تحريك اللاعبين أو الأشياء هنا وهناك على الشاشة في اللعب. لكن هناك نائط إدخال أخرى قد تكون أحياناً أكثر إفادة، فإذراع التحكم مثلاً أفضل من لوحة المفاتيح في توجيه الأشياء المُتحركة في الألعاب؛ كما إن فأرة الحاسوب يمكن تحريكها على الطاولة لتحريك مؤشر على الشاشة. ويمكن استخدام فأرة الحاسوب أيضاً في رسم الصور، لكن لوحة المخططات أيسر استعمالاً في ذلك. والعلامات الموسيقية يمكن إدخالها بلوحة مفاتيح كما الآلة الكاتبة، لكن من الأسر والأفضل استخدام لوحة مفاتيح موسيقية مُصممة خصيصاً لهذا الغرض.



## العتاد والبرامجيات

يحتاج الحاسوب إلى مُعدات (عتاد مادي) وأطقم معلومات وتعليمات (برامجيات)، بالإضافة إلى برامج تُنظم تُشغلها، كي يُنجز أعمالاً مُفيدة. يتعامل الحاسوب بالمعلومات والتعليمات على شكل إشارات إلكترونية تُمثل أحاداً وأصفار النظام الثنائي. إن كتابة البرامج على هذا الشكل تستغرق وقتاً طويلاً، لذا تجري كتابتها بلغات برمجة خاصة تُشبه الإنكليزية نوعاً. وهذه اللغات تتحول أوتوماتياً إلى شكل يفهمه الحاسوب.

## الحاسوب

الحاسوب الشخصي صندوق يحوي الوحدات الإلكترونية الرئيسية، ومُجهز بمقاييس لتوصيل مأخذ الإمداد ولوحة المفاتيح والمِرْقاب والطابعة وأجهزة أخرى. تُركب وحدات الأقراص (المُسمّاة سَوَاقَات) عادة داخل الصندوق لكن الجهاز يُزوّد غالباً بمقاييس لتوصيل سَوَاقَات أقراص أخرى.

تُوجد هذه المقاييس (المفاتيح) الخُمُر تحت لوحة المفاتيح.

## لوحة المفاتيح

لوحة المفاتيح تضم الكثير من مقاييس انضغاطية الأزرار مَوسُومة بالحروف ورموز أخرى. والذي يحدث عند كَيْس مفتاح مُعَيّن منها يتوقّف على كَيْفِيّة بَرْمِجَة الحاسوب. فقد تُعرّض ضغطة المفتاح حرفاً هجائياً على الشاشة، أو تُحرّك شخصية في إحدى ألعاب المُغامرة، بأنْجاء مُعَيّن.

## الحواسيب

١٦٤٢ بليز بشكال (١٦٢٣-١٦٦٢) سكر ملكة حاسبة ميكانيكية.  
١٨٠٥ جوزيف جاكارد (١٧٥٢-١٨٣٤) يصنع تولا أوتوماتياً تُضبط أنماط نفوش ببطاقات مُثَقَّة. وقد أستخدم مثل هذه البطاقات في الحواسيب لاحقاً.  
١٨٣٣ شارل باباج يُصمّم المكنة التحليلية - أول حاسوب عام الأغراض قابل للبرمجة.  
١٨٩٠ هرمن هوللرث (١٨٦٠-١٩٢٩) يُستخدم نظام البطاقات المثقبة، مُسرّعاً إحصاء السكان في الولايات المتحدة الأمريكية مئات المرات.  
١٩٤٦ المهندسون في الولايات المتحدة يصنعون أول حاسوب إلكتروني رقمي.  
١٩٥١ فريق المهندسين ذاته يُصمّمون ليفاك ١ - أول حاسوب يُصنع على نطاق واسع.  
صورة صغيرة لإدارة مُتكاملة

## المِرْقاب

المِرْقاب أو وَحْدَةُ العَرَض المَرِنِي، هو عادة وحدة مُنفصلة يربطها كَبْلُ بالحاسوب. تُصمّم مِرْقاب الحواسيب بحيث تعطي صوراً عالية النوعية - يُقرأ ما على الشاشة فيها دون إجهاد البصر. بعض الحواسيب على اتصال دائم بمِرْقاب.

## المِرْاقبة التوفيرية

الحواسيب الرخيصة تحوي مُصمّناً يُحوّل إشارات الحاسوب إلى إشارات شبيهة بالإشارات التي تحول البرامج التلفزيونية. وهذا يُمكن من مُوافقة هذه الإشارات وعرضها على جهاز تلفزيوني عادي، غير أن نوعية الصورة لا تُضاهي تلك التي تُوفّرها المِرْقاب المصمّم بالحواسيب؛ وقد تتعذّر قراءة الكلمات عليها.

الخُرُج على الشاشة أو الطابعة

رُقاقة «ذاكرة الوصول العشوائي»

وحدة المعالجة

المركزة

الإدخال عن طريق لوحة المفاتيح

رُقاقة «ذاكرة القراءة فقط»

## وحدة المعالجة المركزية

وحدة المعالجة المركزية هي مركز عمليات الحاسوب؛ وتتألف من أعداد كبيرة من الدارات الإلكترونية المُلمّجة في رُقاقة واحدة تُسمّى المُعالِج الصّغري. تتلقّى هذه الوحدة المُعطيات من لوحة المفاتيح ومن «ذاكرة القراءة فقط» كما من «ذاكرة الوصول العشوائي». ويُمكنها أيضاً إرسال البيانات أو المُعطيات للتخزين في «ذاكرة الوصول العشوائي»، وإرسال البيانات إلى المِرْقاب (والى بُنايط الخرج الأخرى).

## لمزيد من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- المغناطيسية ص ١٥٤
- التلفزيون ص ١٦٦
- الدارات المُتكاملة ص ١٧٠
- الحاسبات ص ١٧٢
- استخدام الحواسيب ص ١٧٥
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

## ذاكرات الحاسوب

تُخزّن رُقائِق «ذاكرة القراءة فقط» المعلومات التي يحتاجها الحاسوب على الدوام؛ وتؤلف رُقائِق أخرى «ذاكرة الوصول العشوائي». «ذاكرة القراءة فقط» تُشبه الكتاب يُستقي منها الحاسوب المعلومات، ولا يُضيف إليها شيئاً؛ فيما «ذاكرة الوصول العشوائي» تُشبه المُفكرة يُخزّن فيها الحاسوب معلومات يُستطيع أستخدمها أو تغييرها عند الحاجة؛ لكن هذه المعلومات تُفقد عند وقف الحاسوب. والأقراص أيضاً بُنايط تخزين؛ وتُستخدم المِرْنة منها في نقل المعلومات بين الحواسيب.

قرص صلب

الأقراص المِرْنة، في أغلفتها اللدائنية الواقية، وكنائات الأقراص الصلبة يُمكن نزعها من الحاسوب.

قرص مرن

كفانة

رُقاقة



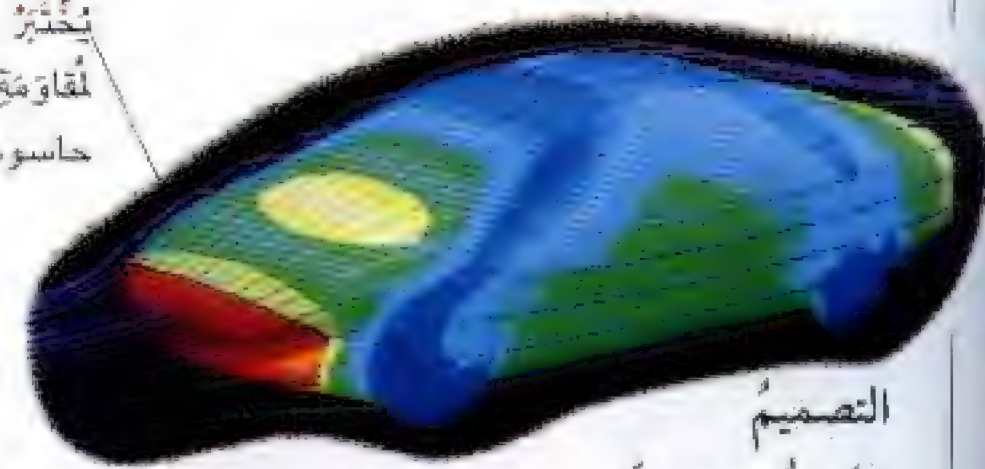
# استخدام الحواسيب

الحواسيب البيئية، في معظمها، ذات برامج متعددة، فيمكن استخدامها بطرق مختلفة في الألعاب الحاسوبية مثلاً، أو في معالجة الكلمات. لكن الكثير من الحواسيب هي مكنات مكرسة تختص بعمل واحد فقط، وتختلف شكلاً عن سواها. فممكنة صرف النقد في المصارف مثلاً، تستخدم التقنية الحاسوبية لتدقيق حسابات الزبائن وتمكنهم من سحب النقود. والممكنة المصرفية هذه هي مطراف حاسوبي متصل بحاسوب المصرف المركزي حيث تُحترن تفاصيل حسابات الزبائن.

وتستخدم الحواسيب المتخصصة أيضاً في التحكم بالعمليات الصناعية وأنظمة النقل، أو في محاكاة أوضاع الحياة الواقعية (كقيادة الطائرات مثلاً) لأغراض البحث والتدريب.

## المحاكاة

يُدرَّب الطيارون ليصبحوا خبراء في قيادة الطائرات الحديثة المعقدة، حتى قبل أن يركبوا طائرة حقيقية. وذلك بفضل مركبة المحاكاة المتحكم بها حاسوبياً. فالحاسوب يجعل مركبة المحاكاة تستجيب لمختلف التأثيرات كما الطائرة الحقيقية، من تحريك وميل في مختلف الاتجاهات. وتعرض لوحات التحكم قراءات وأرقاماً واقعية لقياسات كالارتفاع والسرعة ومقدار الوقود المتبقي في كل خزان.



التصميم

المعان حاسوبياً

طريقة لتصميم الأشياء باستخدام مخططات الرسم الحاسوبية؛ فتغذي المعلومات كاملة إلى الحاسوب الذي يعرض مخطط الشيء المطلوب على الشاشة. ثم يغذي الحاسوب بطرؤف تشغيل مختلفة لاختيار التصميم. فتتحدد بذلك أجزاء التصميم الركيكة، وتجرى التحسينات عليها.

## ألان تورينغ

أسهم عالم الرياضيات البريطاني ألان تورينغ (١٩١٢-١٩٥٤) بشكل رئيسي في وضع النظريات المستخدمة في الحوسبة الحديثة. وقد ساعد في تطوير النماذج الإلكترونية والأفكار التي استخدمت في فك رموز الرسائل السرية الألمانية خلال الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩-١٩٤٥). وكان أول من أشار إلى إمكانيات «الدكاء» في الحواسيب.



## نوافذ «حقيقية»

تستخدم مخططات الرسوم الحاسوبية لخلق مناظر واقعية، في «نوافذ» جهاز محاكاة الطيران، تتغير تماماً كما تتغير المشاهد الحقيقية في طائرة سائرة. وهذا أمر بالغ الأهمية لإعطاء الطيار المتدرب واقعا جسيماً بما يشعر به قائد طائرة حقيقية.

الطيارون المتدربون يجلسون بكافة القوى والمشاعر كما لو أنهم في طائرة حقيقية لأن أجهزة التحكم في مقصورة القيادة تشغل مكابن ضخمة تمتد بالمركبة كأي طائرة.

## ذكاء الحواسيب

هل الحواسيب ذكية؟ بعض حواسيب الشطرنج تستطيع التغلب على معظم الناس لأن ذاكرتها الإلكترونية الشائعة تسمح لها بأحساب جميع التحركات المحتملة مسبقاً. والعلماء غير متفقين إن كان هذا ذكاء أم لا. والمشكلة الرئيسية هي عدم توافقيهم على ماهية الذكاء. والنقطة الجوهرية هي أن الحواسيب لا تفهم ما تقوم به!



يُحسَّن تصميم السيارة هذا لمقاومة الهواء باستخدام حاسوب «كراي» الفائق.

## الواقع المتوهم

وسيلة للانتقال إلى عالم موهوم يُخيِّله لك الحاسوب كواقع. فيخلق الحاسوب صوراً ثلاثية الأبعاد أمام عينيك وأصواتاً مجسمة في شبيه خودة تتصل بوحدة يدوية. وكل حركة من حركات الوحدة اليدوية تُنقل مترجمة إلى مجموعة المنظار وساعة الرأس بحيث حين يُحرك الشخص ذراعه يبدو كأنه يلعب مباراة تنس على الشاشة. حتى إنه يسمع خبطة الكرة بالمضرب.



يُسمع اللاعب عبر خوذته الأصوات ويُشاهد ما قد يفعله فيما لو كان فعلاً يلعب التنس.

## لزيد من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- الحواسيب ص ١٧٣
- الروبوتات ص ١٧٦
- الأصوات الإلكترونية ص ١٨٩



# الرُّبُوطَات

مُعْظَمُ الرُّبُوطَات التي نَشاَهِدُها في الأفلام تُشَبِّهُ البَشَرَ إلى حَدٍّ - فهي تَمْشِي وتَتَكَلَّمُ وتُعَالِجُ ما قد يَعرِضُها من مَشاكِيل. الحَقِيقَةُ أَنَّ مُعْظَمَ الرُّبُوطَات لا تُشَبِّهُنا، وأَكْثَرُها يَتَواجَدُ في المَصانِع. ورُبُوطُ المَصانِع في الغالب أحاديُّ الذراع عَديمُ الرَّجْلين، ويتولَّى مُهِمَّةً واحدةً فقط. تَتَحَكَّمُ الحَواسِبُ في رُبُوطَات الصَّنَاعَةِ عَبرَ التعلِيمات المُخترَنة في ذاكِرتِها الإِلِكْترُونِيَّة. ولَعَلَّ السبيلَ الأفضَلَ لِتَسجيلِ الحَرَكَاتِ والتعلِيماتِ المَطْلُوبَةِ لِلشُّغْلَةِ إِيكَالُ عامِلٍ بَشَرِيٍّ مَاهِرٍ بِإِدَاءِ المُهِمَّةِ أوَّلًا. فَيُخْتَرَنُ ما يَقُومُ بهِ العامِلُ من حَرَكَاتٍ كإِشاراتٍ إِلِكْترُونِيَّةٍ يَعملُ الحاسُوبُ على جَعْلِ الرُّبُوطِ يُحاكِيمُها بِدِقَّة. والرُّبُوطَاتُ المُخْتَلَفَةُ تُؤدِّي مَهَامَّ مُخْتَلَفَةً كَنَقْلِ البَضائِعِ واللَّحَامِ وَاسْتِكْشافِ الكَوَاكِبِ.



## الرُّبُوطُ في الحِكَايَاتِ

في فيلم «حَرْبُ النُجُوم» الرُّبُوطَاتُ تُشَبِّهُ البَشَرَ نَوْعًا. فأَحَدُها (سي ٣٧ بي أو) يَستطِيعُ التَّواصُلُ بِثَلَاثَةِ مِلايين طَرِيقَةٍ مُخْتَلَفَةٍ، والرُّبُوطُ «آر ٢ دي» يُجِيدُ تَصْلِيحَ الشُّقْنِ الفَضائِيَّةِ. والرُّبُوطَاتُ الحَقِيقَةُ لَيسَتْ طَبَعًا على هَذَا القَدَرِ من تَعَدُّدِ المَهَارَاتِ؛ لَكِنَّ مِثْلَها، حَالِيًا، ما يُمْكِنُهُ القِيَامُ بِالتَّرْجُمَاتِ البَسيطةِ، وأَخَرُ يَستطِيعُ إِجْرَاءَ بَعْضِ التَّصْلِيحَاتِ المُحَدَدَةِ.



## التَغْذِيَّةُ المُرتَدَّةُ

الأجسامُ السَّهْلَةُ التَّحطُّمُ قد تَسْخَفُها فَوَاضِ كَبَاشِ الرُّبُوطِ عِندَ اتِّقَاطِها؛ فَيَعملُ مِجْشًا المَضْطَعبُ، عَبرَ إِشارةٍ مُرتَدَّةٍ إلى دَاوَةِ التَّحَكُّمِ، على تَحْدِيدِ مِقدَارِ الشَّدِّ اللازِمِ لِلقَبْضِ الوَظِيدِ وَوَقْفِ أَيِّ تَصاعُدٍ في المَضْطَعبِ المُسلَّطِ عَلَيْها.

لَعَلَّ عَرَبَةَ الهَيُوطِ فايكنغ هي أَكْثَرُ الرُّبُوطَاتِ التي أُرْسِلَتْ إلى الفَضاءِ تَعْقِيبًا.

تألف مشروع فايكنغ إلى كوكب المريخ من عربتين. العربتين المدارية حملت عربتي الهبوط المزودة بالروبوتات وحفظتها حتى بلوغها مدار المريخ.

## بَعثةُ إلى المَرِخِ

خَطَّت على سَطْحِ المَرِخِ عام ١٩٧٦ عَرَبَةُ فايكنغ المُزدوجَةُ الرُّبُوطَاتِ في نِطاقِ تَقْصِي العُلَماءِ لِتَواجُدِ الحَيَاةِ في المَرِخِ. الرُّبُوطَاتُ عَرَفَا التُّرابَ وأَجْرَبَا أختِياراتٍ لِلتَّحْشُرِ عَن وُجُودِ مُنْعَضِيَّاتٍ حَيَّةٍ فِيهِ، مُسْتَحْدِمِينَ مُخْتَبَرًا بِيُولُوجِيًّا أَعَدَّ خُصِيصًا لِهَذَا الغَرَضِ؛ وَكَانَتِ النَتائِجُ سَلْبِيَّةً. لَكِنَّ رُبَّمَا تُوجَدُ حَيَاةٌ في مَوقِعٍ آخَرَ مِن هَذَا الكَوَكَبِ الأَحْمَرِ، وَلَعَلَّها تُكوُنُ بِاشْكَالٍ مُخْتَلَفَةٍ عِما نَعْرِفُها - فَرُبُوطًا فايكنغ تَقْصِيًا فَقَطِ الحَيَاةَ العُضُويَّةَ الكِيميائية، كما نَعْرِفُها على الأَرْضِ!



## التَّخَلُّصُ مِنَ القَنابِلِ

يَستطِيعُ خَبِراءُ التَّخَلُّصِ مِنَ القَنابِلِ قَنَصَ الأشياءِ المُشْبُهَةِ بِأَمَانٍ، بِفَضْلِ هَذَا الرُّبُوطِ المُتَحَرِّكِ. فَكَامِيراتُ التَّأَمُّرَةِ المُقَفَّلَةُ الدَّارَةُ تُرْسِلُ إِلَيْهِمْ، وَهُمْ على بُعْدٍ مَأمُونٍ، صُورًا شَعاعِيَّةً لِلأَجسامِ المُشْتَبِهَةِ بِهَا وَصُحُوفَاتِها. والرُّبُوطُ مُجَهَّزٌ بِأَنْوارٍ كَشَافَةٍ لِلحَصُولِ على صُورٍ واضِحَةٍ لَيْلًا. وَيُسْتَحْدَمُ الكَبَاشُ البُعاديُّ التَّحَكُّمِ، في طَرَفِ الذراعِ المَدَّادِ، لِاتِّقَاطِ الأَجسامِ المُشْتَبِهَةِ بِها وإِعادِها.

هوائي الاتصال مع خبير القنابل



## الرُّبُوطَاتُ الصَّنَاعِيَّةُ

يَقُومُ الرُّبُوطُ هُنا بِإِلْهامِ الأَجْزاءِ المَعْدِنِيَّةِ في مَصْنَعِ لِلسَّيَّاراتِ؛ في حين يَقُومُ غَيْرُهُ بِرَشِّ هياكِلِ السَّيَّاراتِ بِالذَّهَانِ. فالرُّبُوطَاتُ لا تَضيقُ دَرْعًا بِإِدَاءِ الوَظِيفَةِ نَفْسِها يَوْمِيًّا، كَمَا البَشَرُ. وَهي تَستطِيعُ مَواصَلَةَ العَمَلِ دُونَ كَلَلٍ أو تَوَقُّفٍ لِفتراتٍ أَطول.

## لِمَزيدٍ مِنَ المَعلُومَاتِ انظُرْ

- الكربون ص ٤٠
- الحواسيب ص ١٧٣
- المريخ ص ٢٨٩
- البوابير الفضائية ص ٣٠١



# الصَّوْتُ وَالضَّوْءُ

الصَّوْتُ والضَّوْءُ مُتَمَاثِلَانِ فِي بَعْضِ خَوَاصِّهِمَا وَمُخْتَلِفَانِ فِي خَوَاصِّ أُخْرَى. فالأصواتُ التي نَسْمَعُهَا والمُشَاهِدُ التي نَرَاهَا تَصِلُنَا كطَاقَةٍ صَوْتِيَّةٍ أَوْ ضَوْئِيَّةٍ عَلَى شَكْلِ تَمَوُّجَاتٍ تَخْتَلِفُ نَوْعًا وَتَرَدُّدًا. طَاقَةُ الضَّوْءِ مِنَ الشَّمْسِ تُدْفِئُ الْأَرْضَ وَتُسَمِّرُ بَيَاضَ الْجِلْدِ وَتَنْمِي الزَّرْعَ. وَطَاقَةُ الصَّوْتِ تُدْبِذُ الْأَشْيَاءَ بِرِقَّةِ النِّغَمِ أَوْ تَهْزُهَا بِعُنْفٍ قَدْ يُخَطِّمُ زُجَاجَ الْمَبَانِي فِي دَوِيٍّ أَخْتَرَقَ نَفَاقَةَ جِدَارِ الصَّوْتِ! لَكِنَّ الصَّوْتَ لَا يَنْتَقِلُ إِلَّا فِي الْمَادَّةِ، غَازِيَّةٍ أَوْ سَائِلَةٍ أَوْ جَامِدَةٍ، فِي حِينٍ يَنْتَقِلُ الضَّوْءُ فِي الْمَوَادِّ الشَّفَافَةِ كَمَا فِي الْفَرَاغِ - فَتَحْنُ نَرَى النُّجُومَ السَّحِيقَةَ الْبُعْدَ بِالنُّورِ الصَّادِرِ مِنْهَا قَبْلَ آلَافِ السَّنِينَ.

## الصُّورُ الصَّوْتِيَّةُ

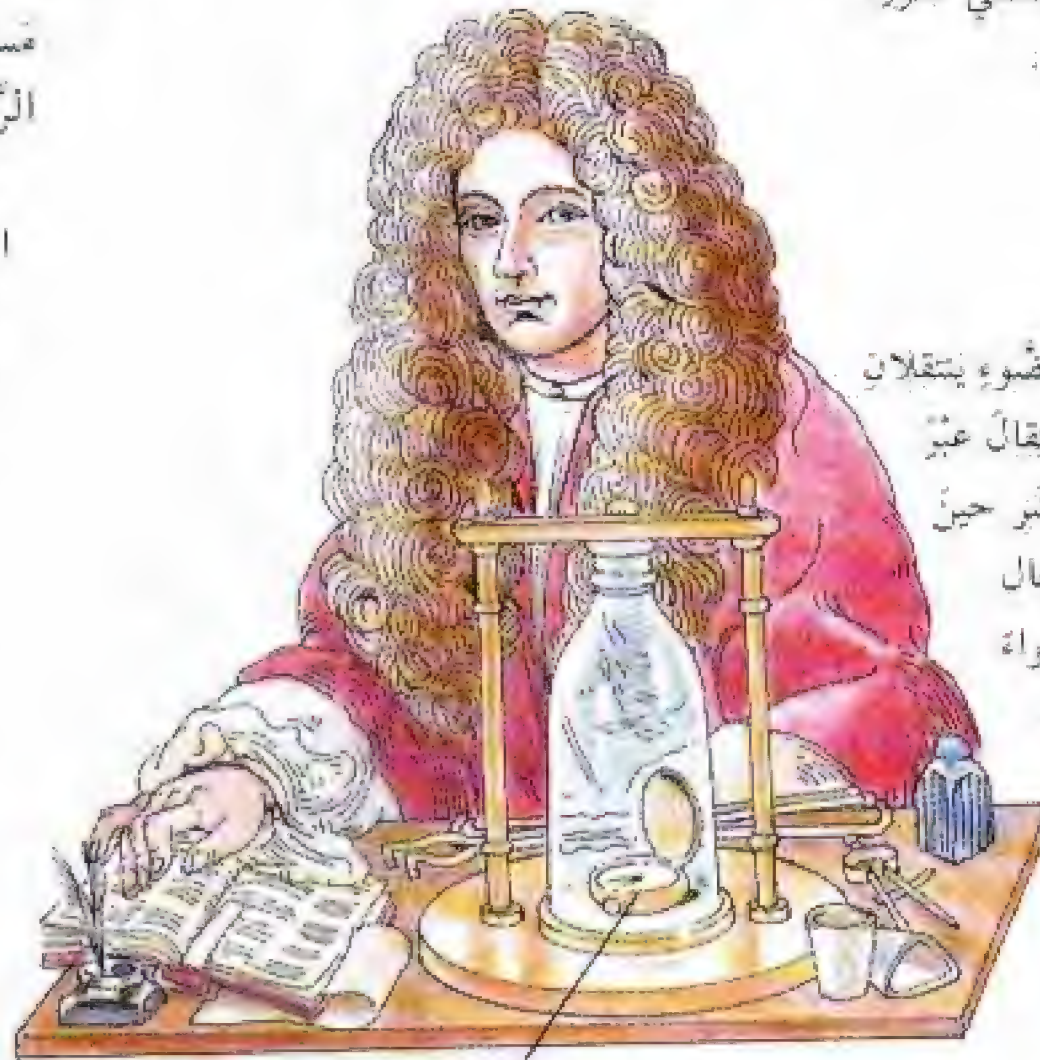
تَجْمَعُ الْكَامِيرَاتُ الضَّوْءَ لِيَكُونَ صُورًا عَلَى الْفِيلْمِ أَوْ عَلَى شَاشَةِ التِّلْفَازِ؛ وَالصَّوْتُ قَادِرٌ عَلَى تَكْوِينِ الصُّورِ أَيْضًا. هُنَا مِثْلًا صُورَةُ لِجَنِينٍ، فِي رَحِمِ أُمِّهِ، بِالْأَصْدَاءِ الصَّوْتِيَّةِ. هَذِهِ الْأَصْدَاءُ الصَّوْتِيَّةُ تُحْدِثُهَا الْأَمْوَاجُ فَوْقَ الشَّمْعِيَّةِ الْعَالِيَةِ التَّرَدُّدِ جَدًّا أَيْنَاءَ عُبُورِهَا جَسَدَ الْأُمِّ. فَتُسَجَّلُ الْأَصْدَاءُ حَاسُوبِيًّا لِتُعْطِيَ صُورَةً لِلظُّفْلِ قَبْلَ أَنْ يُولَدَ.



تَلَوُّنُ الصُّورَةِ اصْطِنَاعِيًّا.

## الناقوسُ الصَّامِتُ

كَانَ الْفِيلَسُوفُ الْإِغْرِيقِيُّ الشَّهِيرُ، أَرِسْطُو، يَعْتَقِدُ أَنَّ كِلَا الصَّوْتِ والضَّوْءِ يَنْتَقِلَانِ عَبْرَ الْهَوَاءِ كَمَا الْأَمْوَاجُ فِي الْبَحْرِ؛ وَأَنَّهُمَا بِالتَّالِي لَا يَسْتَطِيعَانِ الْإِنْتِقَالَ عَبْرَ الْفَرَاغِ. وَلَمْ يَكُنْ أَخْبَارُ نَظَرِيَّةِ أَرِسْطُو مُمَكِّنًا قَبْلَ الْقَرْنِ السَّابِعِ عَشَرَ حِينَ نَمَكَّنَ الْعُلَمَاءُ مِنْ إِحْدَاتِ فَرَاغٍ كَامِلٍ. وَالتَّجَرُّبَةُ الْأَشْهُرُ فِي هَذَا الْمَجَالِ أَجْرَاهَا الْعَالِمُ الْإِيرْلَنْدِيُّ، رُوبَرْتُ بُوِيل، عَامَ ١٦٥٨. فَقَدْ ضَخَّ الْهَوَاءَ مِنْ نَاقُوسٍ زُجَاجِيٍّ يَحْوِي سَاعَةً تَكَاكُةً؛ وَلاَحَظَ اخْتِفَاءَ صَوْتِ تَكَاةِ السَّاعَةِ تَدْرِيجِيًّا، ثُمَّ تَمَامًا عِنْدَمَا أَفْرَغَ النَاقُوسَ مِنَ الْهَوَاءِ. فَاسْتَنْجَ بُوِيلُ أَنَّ الصَّوْتَ يَنْتَقِلُ بِالْهَوَاءِ إِلَى آذَانِنَا؛ وَأَنَّ مَا تَرَقَّعَهُ أَرِسْطُو صَحِيحٌ بِالنِّسْبَةِ لِلصَّوْتِ.



رُوبَرْتُ بُوِيلُ

صَوْتُ تَكَاةِ السَّاعَةِ خَفَّتْ تَدْرِيجِيًّا حَتَّى انْقَطَعَ أَثْنَاءَ ضَخِّ الْهَوَاءِ خَارِجَ النَاقُوسِ.

تَتَأَلَّفُ حُصْلَةُ الْأَلْيَافِ الْبَصَرِيَّةِ هَذِهِ مِنْ ٢٠٠٠ لَيْقَةٍ.

## الاتِّصَالَاتُ

الصَّوْتُ والضَّوْءُ كِلَاهُمَا وَسِيلَةُ تَوَاضُلٍ؛ فَأَصْوَاتُنَا تَحَادِثُ، وَبِالضَّوْءِ يَرَى وَاجِدُنَا الْآخَرَ. وَالْأَنْظِمَةُ التِّلْفُوزِيَّةُ تَحْوِلُ الْأَصْوَاتَ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرَبَائِيَّةٍ تَنْتَقِلُ سَيْلَكِيًّا أَوْ لَيْسَلَكِيًّا عَبْرَ السَّوَاتِلِ إِلَى جَمِيعِ أَنْحَاءِ الْعَالَمِ. وَتُسْتَخْدَمُ شَبَكَاتُ الْإِتِّصَالِ الْحَدِيثَةُ الْأَلْيَافُ الْبَصَرِيَّةُ لِتَنْقُلَ الْمَعْلُومَاتِ؛ فَتَحْمِلُ النَّبْضَاتُ الضَّوْئِيَّةُ الْمُكَالِمَاتِ التِّلْفُوزِيَّةَ وَالصُّورَ التِّلْفُوزِيَّةَ وَالْبَيَانَاتِ الْحَاسُوبِيَّةَ فِي كُبُولٍ مِنَ الْأَلْيَافِ الرَّجَاجِيَّةِ الدَّقِيقَةِ.



## الرَّعْدُ وَالْبَرْقُ

ضَرْبَةُ الصَّاعِقَةِ تُطْلِقُ كَمِّيَّاتٍ ضَخْمَةً مِنَ الطَّاقَةِ الضَّوْئِيَّةِ وَالصَّوْتِيَّةِ بِحَيْثُ يُمَكِّنُ سَمَاعُ هَزِيمِهَا وَرُؤْيُهَا وَمِبْصِحُهَا مِنْ مَسَافَاتٍ بَعِيدَةٍ جَدًّا. وَنَحْنُ نَرَى الْبَرْقَ قَبْلَ سَمَاعِ الرَّعْدِ لِأَنَّ الضَّوْءَ أَسْرَعَ مِنَ الصَّوْتِ بِحَوَالِي مِلْيُونِ مَرَّةٍ - فَتُشَاهِدُ الْبَرْقَ بَعْدَ بَضْعَةِ أَجْزَاءٍ مِنَ الْمِلْيُونِ مِنَ الثَّانِيَةِ عَلَى حُدُوثِهِ، لَكِنَّ قَدْ لَا نَسْمَعُ الرَّعْدَ إِلَّا بَعْدَ بَضْعِ ثَوَانٍ - عَلِمًا أَنَّهُمَا مُتَرَامِيَا الْحُدُوثِ.



## الفَضَاءُ الصَّامِتُ

لَيْسَ فِي الْفَضَاءِ هَوَاءٌ، وَبِالتَّالِي فَلَا نَسْمَعُ أَصْوَاتَ فِيهِ. لَذَا يَتَّصِلُ رُؤَاةُ الْفَضَاءِ بَعْضُهُمْ بِبَعْضٍ بِوَسْطَةِ الرَّادِيُو، لِأَنَّ الْأَمْوَاجَ الرَّادِيُوَّةَ، بِخِلَافِ أَمْوَاجِ الصَّوْتِ، تَسْتَطِيعُ الْإِنْتِقَالَ فِي الْفَرَاغِ. وَالرُّؤَاةُ يَرَوْنَ بَعْضُهُمْ بَعْضًا فِي الْفَضَاءِ لِأَنَّ الضَّوْءَ، كَالْأَمْوَاجِ الرَّادِيُوَّةَ، يَنْتَقِلُ عَبْرَ الْفَرَاغِ.



# الصوت

نحن نعيش في عالمٍ يَبعُجُ بالأصوات؛ بعضها يحدثُ طبيعيًا - كَقَصْفِ الرَّعدِ، وزمجرة أمواج البحر المتكسرة على الشواطئ، وهزيم الرياح؛ وبعضها الآخر يُنتَعَثُ لِهَدَفٍ مُعَيَّنٍ - كزققة العصفير لاجتذاب الولف، وصرير الخفافيش لتحديد موقع الفريسة، وكلام الناس للتواصل فيما بينهم. بعض الأصوات لا يعدو كونه ضجيجًا مُزعجًا يُلوثُ البيئة: كضجيج حركة المرور، وهدير الطائرات، وجلبة مكينات المصانع. الأصوات على اختلافها سببها الاهتزاز أو الذبذبة - أي الحركة السريعة لجسيمات المادة يرتطم بعضها ببعض ناقلًا الطاقة كنض أو موجة متحركة. يُمكنك تحسُّس الذبذبات الصوتية بوضع أطراف أصابعك على حلقك أثناء التكلُّم، أو لمس جرس الدراجة برفق وهو يرن.



## الذبذبات

يتذبذب قرص الناقوس عند قرعه - فيهتز بسرعة إقبالًا وإدبارًا دافعا جزيئات الهواء حوله جيئةً وذهابًا، جاعلاً ضغط الهواء يعلو ويهبط. وتنتقل تغيرات الضغط هذه بتصادمات جزيئات الهواء ناقلًا التموجات الصوتية بعيدًا عن الجرس كتضاغطات حيث يترادف ضغط الهواء وتخلخلات حيث ينخفض.

حزك طرف النابض إلى أعلى وإلى أسفل لإرسال موجة مُستعرضة عليه.

اتجاه الموجة

شد طرف النابض نحو الداخل والخارج لإرسال موجة طولية على امتداده.

## أمواج الطاقة

عندما ترمي حجرًا في الماء، تنتشر الأمواج من مركز مغاصه متحركة عبر السطح مع ذبذبة جزيئات الماء صعودًا وهبوطًا متعامدة مع اتجاه مسار الموجة. ويُعرف هذا النوع من الأمواج بالأمواج المستعرضة. لكن عندما تنتقل موجة صوتية عبر الهواء، فإن جزيئات الهواء تتذبذب جيئةً وذهابًا باتجاه مسار الصوت؛ وهذا النوع من الأمواج يُعرف بالأمواج الطولية. ويُمكنك إرسال كلا نوعي الأمواج هذين على نابض لولبي.



## الأمواج المستعرضة

موج الماء مثل جيد على الأمواج المستعرضة. تصوّر العامة فوق الماء جزيئة منه. فعند مرور موجة مائية حاملة للطاقة، تتذبذب جزيئات الماء صعودًا وهبوطًا معها، كما العامة الجزيئات ذاتها لا تنتقل مع الموجة - بل تتحرك فقط صعودًا وهبوطًا في الموقع نفسه.



تهبط العامة بعد مرور موجة الطاقة.



## الأصوات المائية

في الماء ينتقل الصوت بسرعة أكبر، ويفقد طاقته بسرعة أقل منها في الهواء؛ لذا تنتقل الأصوات تحت الماء مسافات أطول قبل أن تحبو. تستخدم الحيتان، كما الدلافين، الأصوات للاتصال فيما بينها ولتحديد اتجاهاتها تحت الماء. وبعض الحيتان «يُغني أغانًا» تصل إلى مئات الكيلومترات عبر المحيطات.

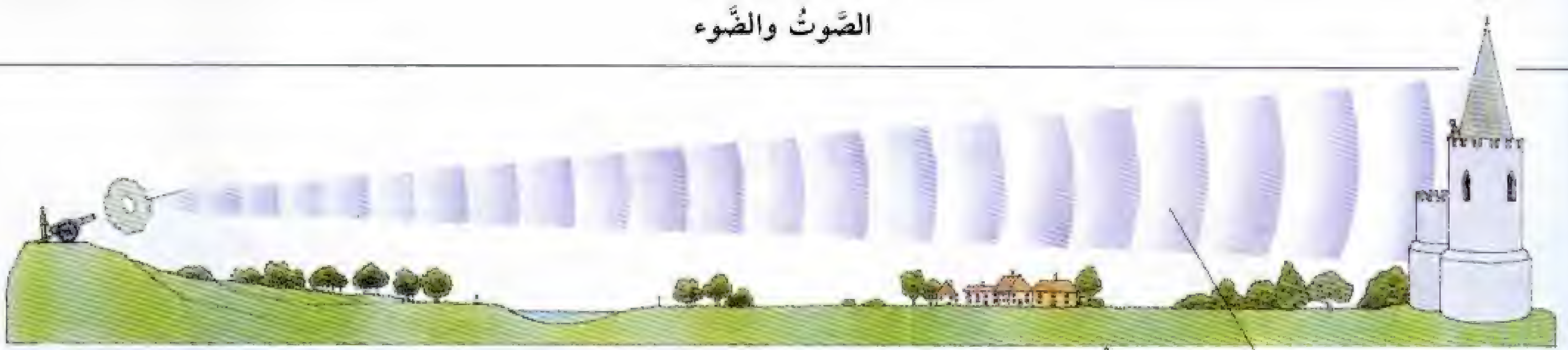
## الأمواج الزلزالية

تولد الزلازل والانفجارات أمواجًا زلزالية - هي في الواقع أمواج صوتية تنتقل عبر الأرض؛ وتسجل اهتزازات هذه الأمواج بواسطة الزلازل (السيزموغراف). ومن دراسة هذه الأمواج، يستطيع أخصائيو الزلازل معرفة مركز الزلزلة وشديتها، كما يمكنهم بواسطتها جمع المعلومات عن باطن الأرض.



رسم الذبذبات (الاهتزازات) الناتجة عن الزلازل، أو الانفجار، على سجل مقياس الزلزلة (المرجاف أو السيزموميتر).





## سُرْعَةُ الصَّوْتُ

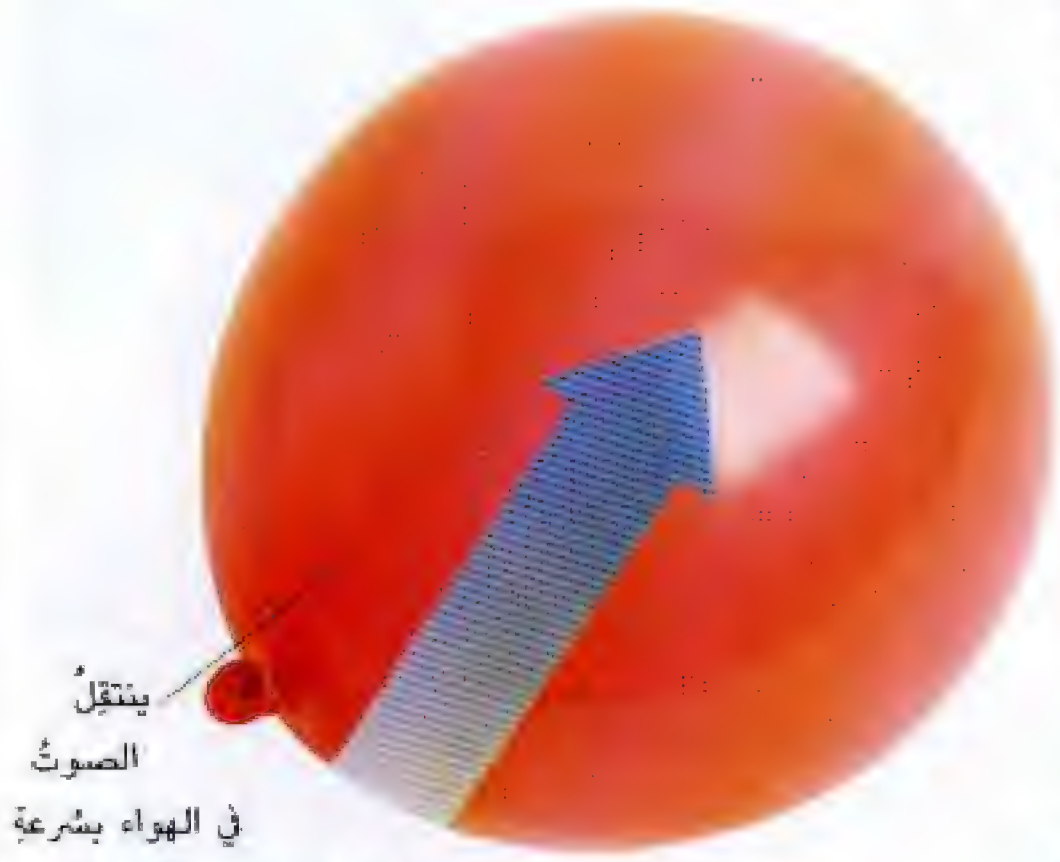
كان وليم درهام (١٦٥٧-١٧٣٥) أحد أول الذين حدّدوا سُرْعَةَ الصَّوْتُ بِدَقَّةٍ. ففي عام ١٧٠٨، وقف في مكانٍ مُشرفٍ في إقليم إسكس بإنجلترا يُراقِبُ إطلاقَ مِدْفَعٍ يبعدُ عنه ١٩ كيلومترًا. ثمّ قاسَ الفترة الزمنية الفاصلة بين وميضِ الطلقة ودويها. ولكي يلغي تأثيرَ تغيّرات اتجاه الرّيح اعتمدَ مُعدّلَ عدّة تجارب، فكانت نتيجة قريبة من القيمة المُعتمدة حاليًا لسُرْعَةِ الصوت وهي ٣٤٣ م/ث على درجة ٢٠° س.

تتغيّر سُرْعَةُ الصوت في الهواء بتغيّر درجة الحرارة؛ فهي ٣٣١ م/ث في درجة الصفر سيلسيوس (سنتغراد) و ٣٥٤ م/ث على درجة ٤٠° س.



## الاتّصالات بالدّق

العَمَلُ الذي شَقُّوا الثُقُقَ تحت القنال الإنكليزيّ ليرتبط المملكة المتحدة بأوروبا كانوا يتواصلون بالدّق على الأنابيب المعدنية - فالصوت يقطع مسافات أبعد، ويتنقل بسرعة أكبر، في المعادن منها في الهواء.



ينتقل الصوت في الهواء بسرعة

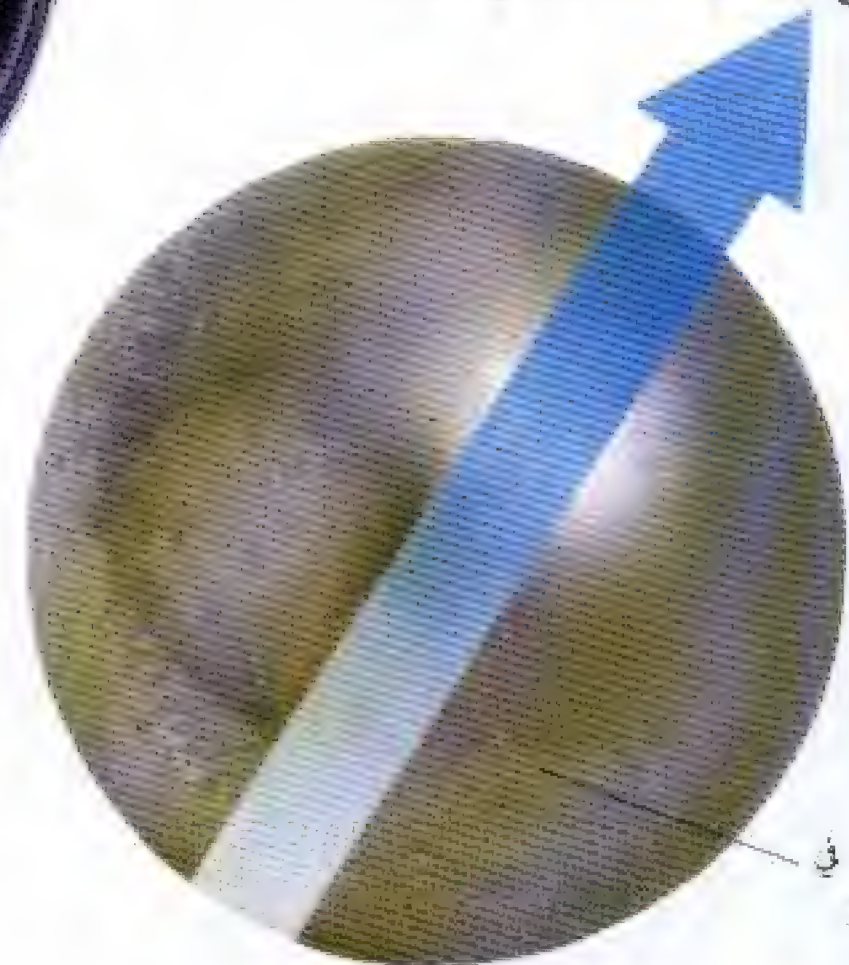
٣٤٣ م/ث على درجة ٢٠° س.

## سُرْعَاتُ الصَّوْتُ المُختلفة

ينتقل الصوت في الجوامد والسوائل بسرعة أكبر منها في الغازات. فالجوامد والسوائل أجسام من الغازات لأن جزيئاتها أكثر تلاحقًا فيما بينها. وهي ترتدّ لتستعيد شكلها بسرعة بعد الانضغاط، فتُمرّ النبضات الصوتية بسرعة أكبر. ينتقل الصوت في الماء بسرعة تعادل خمسة أضعاف سرعته في الهواء تقريبًا، وفي الفولاذ بسرعة تعادل حوالي ٢٠ ضعفًا.



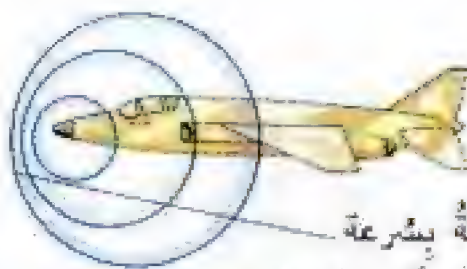
ينتقل الصوت في الماء بسرعة ١٥٠٠ م/ث.



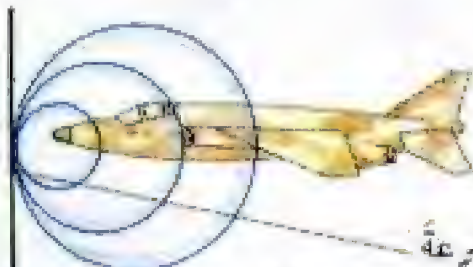
ينتقل الصوت في الفولاذ بسرعة ٦٠٠٠ م/ث.

## الأمواج الصّدمية

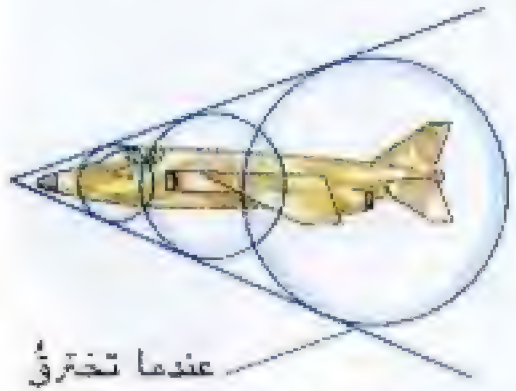
تسير القنّات فوق الصوتية بسرعة تفوق سرعة الصوت، لذا لا يُمكنك سَماعها وهي قادمة نحوك - لأنها تتجاوزك قبل وصول صوتها إليك. لكن صوتها اللاحق يصل فجأة كموجة صدمية تحدث ما يُسمّى دويّ أخيراقي جدار الصوت.



عندما تطير الطائرة بسرعة دون الصوتية، تنتشر أمواجها الصوتية أمامها، فيمكنك سَماعها وهي قادمة نحوك.



عندما تبلغ سرعة الطائرة سرعة الصوت، تتراكم أمواجها الصوتية المتدفقة أمامها مُكوّنة موجة صدمية كبيرة.



عندما تخترق الطائرة جدار الصوت تُخلّف وراءها موجة صدمية تحدث دويًا هائلًا.



## فرّقة السّوط

قد تكون فرّقة السّوط ناتجة عن تحرك طرفه بسرعة تفوق سرعة الصوت - مُولّدًا بذلك موجة صدمية.

## إرنست ماخ

وصف الفيزيائي النمساوي، إرنست ماخ (١٨٣٨-١٩١٦) تكون الأمواج الصدمية أكثر من خمسين عامًا قبل تحقيق الطيران بسرعة فوق صوتية. وإكرامًا له تُستخدم الأرقام الماخية اليوم لتقدير سرعة الطائرات على أساس سرعة الصوت. فالطائرة السائرة بسرعة الصوت سرعتها ماخ واحد (١ ماخ)؛ وسرعة ٢ ماخ تعادل ضعف سرعة الصوت. طائرات الركاب جميعها، عدا الكونكورد، تطير بسرعة دون الصوتية (أي أقل من ماخ واحد)؛ أمّا الكونكورد فهي فوق صوتية إذ تطير بسرعة ٢ ماخ.



## لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادّة ص ١٨
- خصائص المادّة ص ٢٢
- التّرابط الكيماويّ ص ٢٨
- الاهتزازات ص ١٢٦
- الهزّات الأرضية (الزلازل) ص ٢٢٠



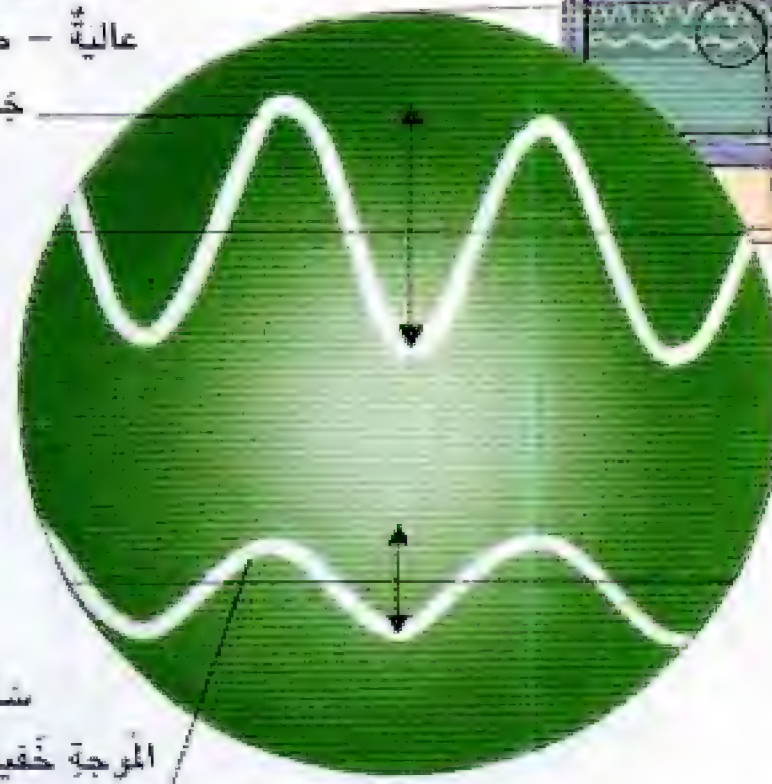
# قِيَّاسُ الصَّوت

الأصوات قد تكون جَهِيرَةً أو هَادِئَةً، عالية دَرَجَةِ النَّعْم كالصفَّارة، أو خَفِيفَتَهَا كُمُحَرِّكِ السَّيَّارَةِ. بعضُ الأصوات مُنْتَمِعٌ، وبعضُها الآخرُ مُزْعِجٌ أو حتَّى مُؤْلِمٌ. فما الذي يجعلُ صوتًا ما يَخْتَلِفُ عن آخَرَ؟ وَاضِحٌ أَنَّ السَّرْعَةَ لا عَلاقَةَ لَهَا بِذَلِكَ، فَكُلُّ الأصواتِ تَنْتَقِلُ بِالسَّرْعَةِ ذاتِها، وإلا لَكَانَتِ أصواتُ آلاتِ الجَوْقَةِ الموسيقيَّةِ تَصِلُ إلى آذانِنا صَوْتًا بَعْدَ الآخرِ مُخَبَّصَةً مُشَوَّشَةً. الجوابُ هو أَنَّ الأصواتِ المُخْتَلِفَةَ متباينةً شَكْلُ الأمواجِ. فَسَعَةُ المَوْجَةِ الصوتيَّةِ هي التي تجعلُ الصوتَ هَادِئًا أو جَهِيرًا؛ كما إِنَّ تَرَدُّدَ المَوْجَةِ الصوتيَّةِ هو الذي يَتَحَكَّمُ في عُلُوِّ دَرَجَةِ النَّعْمِ (أي طبقة الصوت) أو أَنْخِفَاضِها. أما الطولُ المَوْجِيّ - وهو المسافةُ بين تَضَاعُطَيْنِ مَوْجِيَّيْنِ (ذُرُوتَيْنِ) - فَعَلاقَتُهُ مُباشِرَةٌ لِإِرتِبَاطِ بِالتَرَدُّدِ بِنِسْبَةٍ عَكْسِيَّةٍ.

الميكروفون، الموصولُ بكاشِفِ الذَّبْدَةِ، يُحوِّلُ صوتَ النَّايِ إلى إشاراتٍ كهربائيَّة.



سَعَةُ المَوْجَةِ  
عالية - صوت  
جَهِير



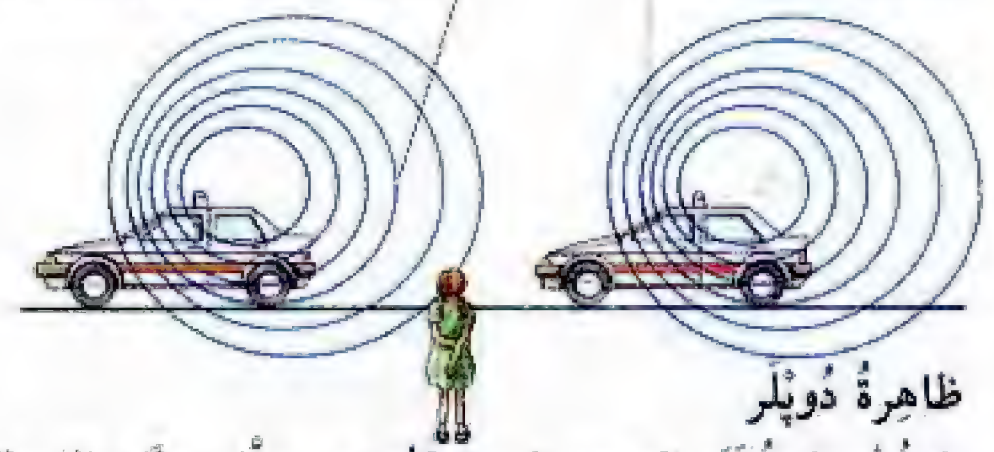
سَعَةُ  
المَوْجَةِ خَفِيفَةٌ -  
صوت هادئ

## سَعَةُ المَوْجَةِ

يَعْرِضُ كاشِفُ الذَّبْدَةِ نَمَطَ المَوْجَةِ الصوتيَّةِ على شاشَتِهِ مُبَيِّنًا ارتفاعَ ضَغْطِ الهَوَاءِ وَهَبوطَهُ أَثناءَ مُرُورِ المَوْجَةِ الصوتيَّةِ عِبرَ الميكروفون. فإذا أَرْتَفَعَتِ جَهَارَةُ الصوتِ ازدادتْ تَغْيِراتُ الضَّغْطِ وازدادتْ سَعَةُ المَوْجَةِ.

بعد أن تَتَجَاوَزَكَ السَّيَّارَةُ  
مُذْبِرَةً، تُصْبِحُ الأمواجُ  
الصوتيةُ أَطْوَلَ والنَّعْمُ أخْفَضَ.

صفَّارةُ السَّيَّارَةِ القادمةِ  
تُحوِّكُ تَتَبَعَتُ أمواجًا  
قصيرةً عاليةً التَرَدُّدِ.



## ظَاهِرَةُ دُوبِلَر

طبقةُ أو دَرَجَةُ نَعْمِ الصوتِ التي نَسْمَعُها من صفَّارةِ سَيَّارَةِ الشرطَةِ العابرةِ بِسُرْعَةٍ تَعْتَمِدُ على ما إذا كَانَتِ السَّيَّارَةُ قادمةً نَحْوَكَ أو مُذْبِرَةً بَعِيدًا عَنْكَ. فَالسَّيَّارَةُ المُقْتَرِبَةُ تُضَاعِطُ الأمواجُ الصوتيَّةُ أَمَامَها وتُضَاعِطُ فَتَقِلُّ أَطْوَالُها ويزدادُ تَرَدُّدُها، فَتَعْلُو طبقةُ الصَّغِيرِ. أمَّا خَلْفَ السَّيَّارَةِ المُذْبِرَةِ فَتَمْتَصُّ الأمواجُ الصوتيَّةُ؛ والأَمْواجُ الأَطْوَلُ ذاتُ تَرَدُّدٍ أخْفَضَ؛ فَتَسْمَعُ الصَّغِيرَ المُذْبِرَ أَخْفَضَ طَبَقَةً.

ذُرُوءُ المَوْجَةِ

قَرَارٌ (أو بَطْنٌ) المَوْجَةِ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ طَوِيلَةٍ

أَطْوَالُ مَوْجِيَّةٍ قَصِيرَةٍ

## هِنْرِخ هِرْتِز

الفيزيائي الألماني، هِنْرِخ هِرْتِز (١٨٥٧-١٨٩٤) كَانَ أَوَّلَ مَنْ أَنْجَعَ أمواجًا راديويَّةً وَكَشَفَ عَنْ وُجُودِها. وَقَدْ سُمِّيَتْ وَحْدَةُ التَرَدُّدِ الهِرْتِز، المُسْتَخْدَمَةُ لِجَمِيعِ أنواعِ الأمواجِ والذَّبْدَاتِ - بما فيها الأمواجِ الصوتيةِ والرَّادِيويَّةِ والضَّوئيةِ، بِاسْمِهِ. وَالهِرْتِزُ يُساوِي ذَبْدَةً وَاحِدَةً فِي الثَّانِيَةِ.

## التَرَدُّدُ

تَرَدُّدُ المَوْجَةِ هو عَدَدُ ذَبْدَاتِها فِي الثَّانِيَةِ، وَيُقَاسُ بِعَدَدِ الدَّرَجَاتِ المَوْجِيَّةِ العابرةِ فِي تلكِ الفَتْرَةِ. فَالمَوْجَةُ ذاتُ التَرَدُّدِ الخَفِيفِ طَوِيلَةُ الطُّولِ المَوْجِيّ؛ وَذاتُ التَرَدُّدِ العَالِيِ قَصِيرَةُ الطُّولِ المَوْجِيّ. فَالْأَمْواجُ العَالِيَةُ التَرَدُّدِ القَصِيرَةُ الطُّولِ المَوْجِيّ تُعْطِي صَوْتًا عَالِيًا طَبَقَةً، فِيمَا الصَّوْتُ مِنْ الْأَمْواجِ الخَفِيفَةِ التَرَدُّدِ والطَوِيلَةِ الطُّولِ المَوْجِيّ خَفِيفُ دَرَجَةِ النَّعْمِ.

الأمواجُ الخَفِيفَةُ  
التَرَدُّدُ تُعْطِي صَوْتًا  
خَفِيفَ الطَبَقَةِ.



الأمواجُ العَالِيَةُ  
التَرَدُّدُ تُعْطِي صَوْتًا  
عَالِيًا طَبَقَةً.



تَظْهَرُ ذُرَى  
أَمْواجِ الصوتِ العَالِيَةِ التَرَدُّدِ على الشَّاشَةِ  
مُتَقَلِّبَةً أَكْثَرَ مِنْ ذُرَى الْأَمْواجِ الخَفِيفَةِ  
التَرَدُّدِ، لِأَنَّ ما يَصِلُ مِنْها إلى الميكروفونِ فِي  
وَحْدَةِ الزَّمَنِ أَكْثَرَ.



## الطُّولُ المَوْجِيّ

الأمواجُ القَصِيرَةُ أو الطَوِيلَةُ تُشْهِلُ مِشَاهَدَتَها فِي المَاءِ. فَالطُّولُ المَوْجِيّ لِمَوْجَةٍ مائِيَّةٍ هو الْمَسَافَةُ بَيْنَ ذُرُوتَيْنِ مُتَجَاوِرَتَيْنِ كَمَا الطُّولُ المَوْجِيّ لِمَوْجَةٍ صَوْتِيَّةٍ هو الْمَسَافَةُ بَيْنَ تَضَاعُطَيْنِ مُتَجَاوِرَتَيْنِ. الْأَمْواجُ مُتَقَلِّبَةٌ فِي الصَّوْتِ ذِي الطُّولِ المَوْجِيّ الْقَصِيرِ، وَمَتَبَاعِدٌ بَعْضُها عَنْ بَعْضٍ فِي الطُّولِ المَوْجِيّ الْأَطْوَلِ.

## الأمواجُ الصوتيَّةُ

الأمواجُ الصوتيَّةُ تَنْتَقِلُ فِي الهَوَاءِ فَعَلًا كَأَنْتَقَالَ مَوْجَةٍ على طَوْلِ نَابِضٍ لَوَلِيَّتِي. فِيمَا نِلُّ التَضَاعُطِ (حَيْثُ تَتَحَدَّدُ جُزْئِيَّاتُ الهَوَاءِ) ذُرُوءَ مَوْجَةٍ مائِيَّةٍ؛ بَيْنَمَا يُمَائِلُ التَّخَلُّلُ (حَيْثُ تَتَفَاسَّحُ جُزْئِيَّاتُ الهَوَاءِ) قَرَارَ مَوْجَةٍ مائِيَّةٍ..

## لِزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

- الصَّوتُ ص ١٧٨
- إِحداثِ الصوتِ وَسَمَاعُهُ ص ١٨٢
- جَهَارَةُ الصوتِ ص ١٨١
- الأصواتُ الموسيقيَّةُ ص ١٨٦
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٢



# جَهَارَةُ الصَّوْت

تَعْتَمِدُ جَهَارَةُ الصَّوْتِ عَلَى الشَّدَّةِ (كَمِّيَّةِ الطَّاقَةِ) الَّتِي تَحْمِلُهَا الْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ. فَالذَّبذَبَاتُ الْكَبِيرَةُ وَفَيْرَةُ كَمِّيَّةِ الطَّاقَةِ، وَتُنتِجُ أَمْوَاجًا صَوْتِيَّةً شَدِيدَةً كَبِيرَةً السَّعَةِ. الْأَصْوَاتُ الْعَالِيَةُ الْجَهَارَةُ جَدًّا، كَدَوِيٍّ أَخْتِرَاقٍ جِدَارِ الصَّوْتِ أَوْ رَمْجَرَةِ الْأَمْوَاجِ الصَّدْمِيَّةِ مِنَ الْانْفِجَارَاتِ، يُمَكِّنُ أَنْ تَكُونَ مُؤْلِمَةً وَقَدْ تُسَبِّبُ ضَرَرًا بِالْعِلَّا - فَالْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ تَرْتَعِطُ بِالْمُنْشَآتِ فَتَجْعَلُهَا تَتَذَبذبُ. وَيُسْتَخْدَمُ مِقْيَاسٌ خَاصٌّ، يُدْعَى سُلَّمُ دِيْسِيْبِل (بِاسْمِ الْكَسْنَدِرِ غِرَاهَامِ بِل) لِمِقْيَاسِ جَهَارَةِ الصَّوْتِ.

## سُلَّمُ دِيْسِيْبِل

فَرْقُ السَّعَةِ الْمَوْجِيَّةِ بَيْنَ أَهْدَأِ الْأَصْوَاتِ وَبَيْنَ الْأَصْوَاتِ الْعَالِيَةِ الْجَهَارَةِ حَتَّى مُسْتَوَى الْإِيْذَاءِ كَبِيرٍ جَدًّا بِحَيْثُ يَتَعَدَّرُ تَمَثُّلُهُ عَدَدِيًّا. وَسُلَّمُ الدِّيْسِيْبِلِ مَثَلٌ عَلَى السُّلَّمِ اللُّوغَارِيْتَمِيِّ، حَيْثُ تَتَضَاعَفُ جَهَارَةُ الصَّوْتِ ١٠ أَضْعَافٍ فِي كُلِّ مَرَّةٍ يُضَافُ فِيهَا ١٠ دِيْسِيْبِل (دب) إِلَى الْمُسْتَوَى الصَّوْتِيِّ. فَإِذَا زِيدَ الْمُسْتَوَى الصَّوْتِيُّ ٢٠ (دب) تَتَضَاعَفُ جَهَارَةُ الصَّوْتِ  $10 \times 10 = 100$  مَرَّةً.



## الْخَطَرُ الْكَامِنُ

الْمُجَسِّمُ الصَّوْتِيُّ (السْتِيرِيُو) الشَّخْصِيُّ لَيْسَ عَالِي الْقُدْرَةِ، لَكِنْ دَخُولُ كَامِلِ الصَّوْتِ تَقْرِيْبًا مُبَاشَرَةً إِلَى الْأَذْنَيْنِ، قَدْ يَجْعَلُ مُسْتَوَيَاتِ الصَّوْتِ دَاخِلَ الْأَذْنِ عَالِيَةً جَدًّا. إِنَّ تَسْمَعَ الْمُنْجَسَّمَاتِ الشَّخْصِيَّةَ، بِجَهَارَةٍ زَائِدَةٍ، لِفَتْرَاتٍ طَوِيلَةٍ قَدْ يُضْعِفُ السَّمْعَ.

تَذَكِّرْ خَاصًّا بِمَنْعِ الصَّوْتِ



وَأَقِيَّةُ الْأَذْنَيْنِ

## مِقْيَاسُ الصَّوْتِ

يُمْكِنُ مُرَاقَبَةُ الْمُسْتَوَيَاتِ الصَّوْتِيَّةِ دَاخِلَ الْمَصْنَعِ بِمِقْيَاسِ الْمُسْتَوَى الصَّوْتِيِّ لِلتَّأَكُّدِ مِنْ غَدَمِ خَطَرَاتِهَا. إِنَّ الْمُسْتَوَى الصَّوْتِيَّ يَجِبُ أَنْ يَزِيدَ عَلَى ١١٠ (دب) فِي أَيِّ وَقْتٍ مِنَ الْأَوْقَاتِ؛ كَمَا يَجِبُ أَنْ يَتَجَاوَزَ ٩٠ (دب) لِيَوْمٍ عَمَلٍ كَامِلٍ.

## وَقَايَةُ الْأَذْنَيْنِ

الَّذِينَ يَعْمَلُونَ فِي أَجْوَاءٍ تَعُجُّ بِالْأَصْوَاتِ الْعَالِيَةِ عَلَيْهِمْ أَنْ يَحْمُوا أَدَانَهُمْ بِاسْتِخْدَامِ وَاقِيَّاتٍ كَاتِمَةٍ لِلضَّجِيجِ. فَالْتَعَرُّضُ لِفَتْرَاتٍ طَوِيلَةٍ لِمُسْتَوَيَاتِ صَوْتِيَّةٍ عَالِيَةٍ مِنْ تَرْدَدَاتٍ مُعَيَّنَةٍ يُعَرِّضُ الْمَرْءَ لِلْمَصْمِ.

## إِخْمَادُ الضَّجِيجِ

قَدْ يَتَضَامُّ صَوْتَانِ مَعًا لِيَنْتِجَا سُكُونًا! وَمِنْ غَيْرِ الْمُحْتَمَلِ أَنْ يَخْدُثَ ذَلِكَ صِدْفَةً. لَكِنْ بِمِقْيَاسِ الْمَوْجَةِ الصَّوْتِيَّةِ يُمَكِّنُ لِلْحَاسِبِ إِنتَاجَ مَثَلٍ مِرَاوِيٍّ لَهَا، بِحَيْثُ تُقَابِلُ الذَّرَى فِي الْمَوْجَةِ الْأَصْلِيَّةِ قَرَارَاتِ الْمَوْجَةِ الصَّوْتِيَّةِ الْجَدِيدَةِ تَمَامًا. وَيَتَرَاكَّبُ الصَّوْتَيْنِ يُلْغِيَانِ وَاحِدَهُمَا الْآخَرَ، وَيُعَرَّفُ هَذَا الْأَسْلُوبُ بِإِخْمَادِ الضَّجِيجِ. فَبِالْمُسْتَشْفَيَاتِ، تُجَهَّزُ بَعْضُ آلَاتِ مَسْحِ الْجِسْمِ بِأَنْظِمَةٍ مُخْمَدَةٍ لِلضَّجِيجِ تَجْعَلُهَا هَادِئَةً لَا تُزْعِجُ الْمَرِيضَ. وَفِي الْمُسْتَقْبَلِ قَدْ يَتِمُّ تَجْهِيْزُ الْبَرَادَاتِ وَمَكْنَنَاتِ الْعَسِيلِ بِأَنْظِمَةٍ تَخْمِيْدٍ مُمَازِلَةٍ تَجْعَلُهَا صَامِتَةً تَمَامًا.



إِنْعِدَامُ

الصَّوْتِ

ذَرْوَةُ

الْمَوْجَةِ

قَرَارُ الْمَوْجَةِ

صَوْتُ جَوْقَةِ  
الرُّوْكُ يُعَادِلُ  
صَوْتُ سَقُوطِ  
١٠٠ مِلْيُونِ  
وَرَقَةٍ نَبَاتِيَّةٍ.

لَا غَرَابَةَ أَنْ

يُعَانِي مُوسِيقِيُّ الرُّوْكِ مِنْ ضَعْفٍ

السَّمْعِ. فَالْأَصْوَاتُ فَوْقَ ١٢٠ (دب)

قَدْ تُسَبِّبُ أَلَمًا شَدِيدًا وَصَمَمًا.



فِي الْمُسْتَوَيَاتِ

الصَّوْتِيَّةِ فَوْقَ ١٠٠ (دب)

يَجِبُ أَنْ يَكُونَ الْعَمَلُ مُخَدَّدًا

بِفَتْرَاتٍ قَصِيرَةٍ فَقَطْ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الْإِهْتِزَازَاتُ ص ١٢٦

الْإِتِّصَالَاتُ الْيُعَادِيَّةُ ص ١٦٢

الصَّوْتُ ص ١٧٨

الْأَصْوَاتُ الْمَوْجِيَّةُ ص ١٨٦



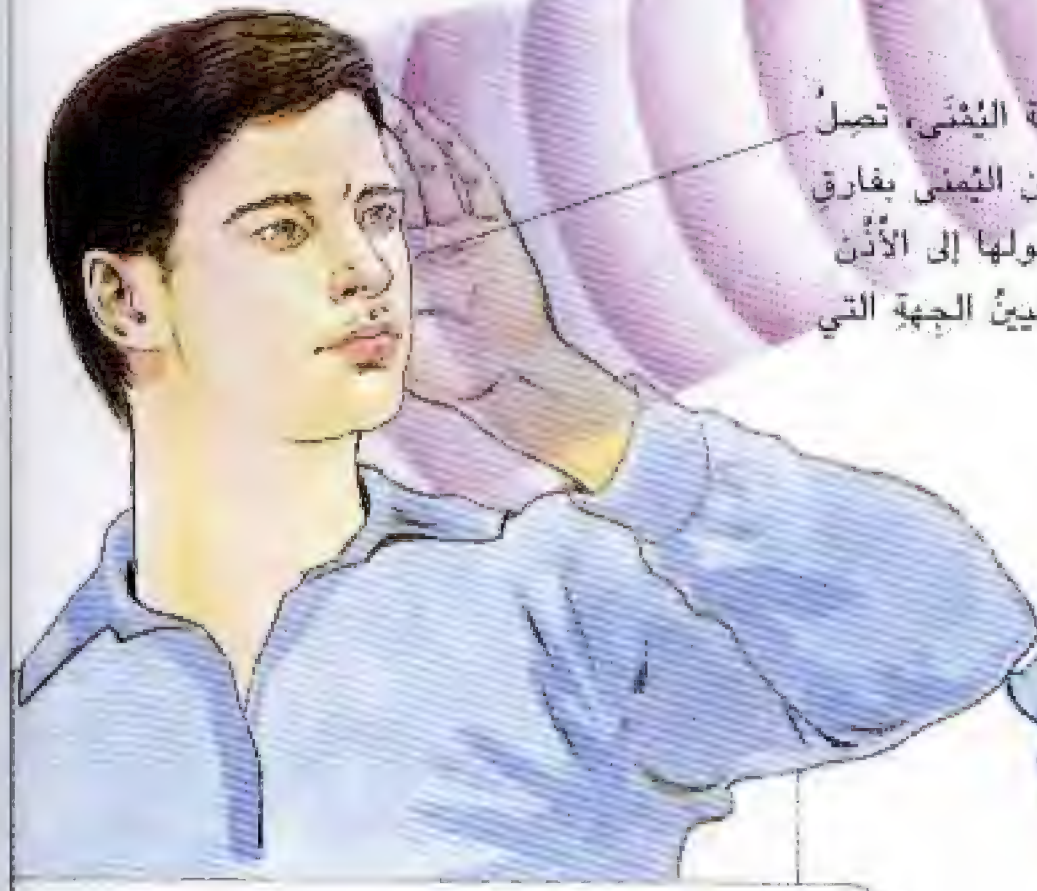
# إحداثُ الصَّوت وسَماعُه

إذا كُنْتَ فَقَدْتَ صَوْتَكَ مَرَّةً نَتِيجَةً زُكَّامٍ أو بُحَّةً شَدِيدَةً، فَلَعَلَّكَ خَبِرْتَ صُعُوبَةَ إِفْهَامِ النَّاسِ مُرَادَكَ بِدُونِهِ؛ فَالْكَلَامُ هُوَ وَسِيلَةٌ تَوَاصُلُنَا الرَّئِيسِيَّةَ مَعَهُمْ. عِنْدَمَا نَتَكَلَّمُ نُحْدِثُ ذَبْذَبَاتٍ تَنْتَقِلُ فِي الْهَوَاءِ كَأَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ تَتَحَوَّلُ فِي الْأُذُنَيْنِ إِلَى أَصْوَاتٍ مُتَمَيِّزَةٍ. وَرُغْمَ أَنَّ الْأُذُنَ الْبَشَرِيَّةَ حَسَّاسَةٌ لِلْأَصْوَاتِ الَّتِي يَتَرَاوَحُ تَرْدُّدُ ذَبْذَبَاتِهَا بَيْنَ ٢٠ وَ ٢٠ أَلْفِ هِرْتِزٍ، فَإِنَّهَا أَشَدُّ حَسَّاسِيَّةً لِلْأَصْوَاتِ الَّتِي يُقَارِبُ تَرْدُّدُهَا الْأَلْفَ هِرْتِزَ - وَهُوَ مَدَى تَرْدُّدِ الصَّوْتِ فِي الْمُحَادَثَةِ الْعَادِيَّةِ، مَعَ أَنَّ أَصْوَاتَنَا قَدْ تَتَضَمَّنُ ذَبْذَبَاتٍ تَنْخَفِضُ طَبَقْتُهَا إِلَى ٥٠ هِرْتِزٍ أَوْ تَعْلُو إِلَى ١٠ أَلْفِ هِرْتِزٍ. وَكَمَا نَسْتَخْدِمُ نَحْنُ أَصْوَاتَنَا لِلْمُحَادَثَةِ النَّاسِ الْآخَرِينَ، كَذَلِكَ نَسْتَخْدِمُ الْحَيَوَانَاتُ أَصْوَاتَهَا لِلتَّوَاصُلِ فِيمَا بَيْنَهَا، أَوْ حَتَّى فِيمَا بَيْنَهَا وَبَيْنَنَا.



## إحداثُ الصَّوت

تَبْعِيثُ أَصْوَاتِنَا عِنْدَمَا نَدْفَعُ الْهَوَاءَ بِقُوَّةٍ مِنَ الرَّئِيسِ عِبْرَ الْأَوْتَارِ الصَّوْتِيَّةِ فِي الْحُلُقُومِ، فَتَهْتَرُ هَذِهِ بِالْهَوَاءِ الْمُنْدَفِعِ. وَنَحْنُ عِنْدَمَا نَتَكَلَّمُ أَوْ نُغَنِّي، نَعْدِلُ تَوَثُّرَ الْأَوْتَارِ الصَّوْتِيَّةِ بِاسْتِمْرَارٍ، كَمَا نَغْيَرُ شَكْلَ الْقَمِّ وَسرعةَ الْهَوَاءِ الْمُنْطَلِقِ. فَبِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ نَتَحَكَّمُ فِي طَبَقَةِ وَنَوْعِيَّةِ وَجْهَارَةِ أَصْوَاتِنَا.



إذا أَتَى الصَّوتُ مِنَ الْجِهَةِ الْيُمْنَى، تَصِلُ الْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ إِلَى الْأُذُنِ الْيُمْنَى بِفَارِقِ جُزْءٍ مِنَ الثَّانِيَةِ قَبْلَ وُصُولِهَا إِلَى الْأُذُنِ الْيُسْرَى. وَبِذَلِكَ يُمَكِّنُنَا تَعْيِينَ الْجِهَةِ الَّتِي أَتَى مِنْهَا الصَّوتُ.



## الرَّئِين

مُعْظَمُ الْأَجْسَامِ قَابِلٌ لِلذَّبْذِبَةِ؛ وَالتَّرْدُّدُ الطَّبِيعِيُّ الَّذِي يَتَذَبَذَبُ بِهِ الْجِسْمُ يُسَمَّى تَرْدُّدُهُ الرَّئَانُ. فَإِذَا أُحْدِثَ، بِالْقُرْبِ مِنْ هَذَا الْجِسْمِ، صَوْتٌ ذُو تَرْدُّدٍ مُمَازِلٍ تَمَامًا لِتَرْدُّدِهِ الرَّئَانِ يَلْتَقِطُ الْجِسْمُ طَاقَةً مِنَ الْأَمْوَاجِ الصَّوْتِيَّةِ الْمُتَبَعَّةِ وَيَتَذَبَذَبُ بِالتَّأثيرِ - وَيُعرَفُ هَذَا بِالرَّئِينِ. وَلَعَلَّكَ كَثِيرًا مَا سَمِعْتَ رَيْنًا كَهَذَا وَالْمُوسِيقَى تُعرَفُ عَالِيًا فِي عُرْقَتِكَ - إِذْ تُسَبِّبُ نَعْمَةً مُعَيَّنَةً رَيْنٍ مَاطُورَةٍ فِي الْبَابِ أَوْ النَافِذَةِ أَوْ رَيْنٍ جِسْمٍ عَلَى مَقَرَّبَةٍ مِنَ الْمِجْهَارِ. وَلَوْ يَغْنِي مَغْنًى بِتَرْدُّدٍ مُسَاوٍ لِلتَّرْدُّدِ الطَّبِيعِيِّ لِكَأْسٍ رُجَاجِيَّةٍ، فَقَدْ يَكُونُ رَيْنُهَا مِنَ الشَّدَّةِ بِحَيْثُ يُحَطِّطُهَا.

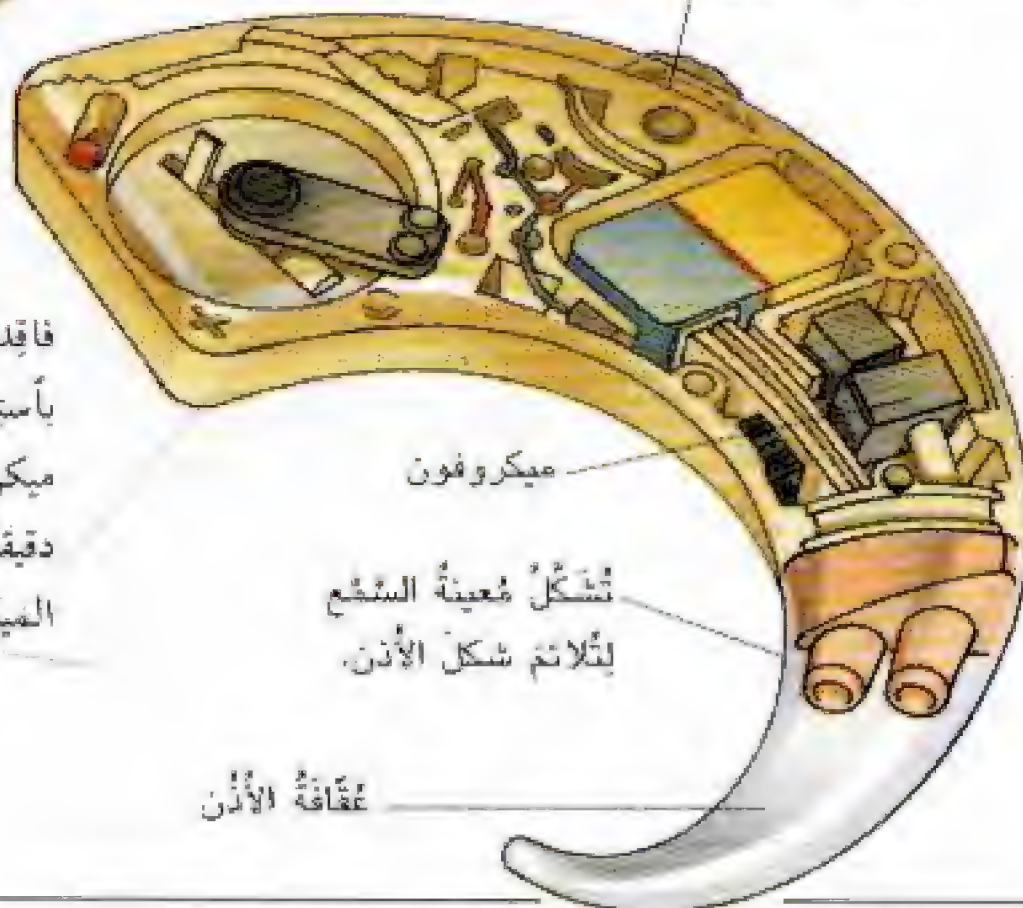
## سَمَاعُ الصَّوت

الْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ الْمُتَجَمِّعَةُ فِي الْأُذُنِ الْخَارِجِيَّةِ تُسَبِّبُ ذَبْذِبَةً مُمَازِلَةً فِي طَبَقَةِ الْأُذُنِ. وَتَنْتَقِلُ هَذِهِ الذَّبْذِبَاتُ بِوَاسِطَةِ ثَلَاثِ عَظِيمَاتٍ دَقِيقَةٍ فِي الْأُذُنِ الْمُتَوَسِّطَةِ إِلَى السَّائِلِ اللَّذْنِيِّ فِي قَوْعَةِ الْأُذُنِ الْدَاخِلِيَّةِ؛ فَيَسْتَشِيرُ بِذَبْذِبَتِهِ شُعْبَاتِ الْأَعْصَابِ الدَّقِيقَةِ. وَهَذِهِ الْأَعْصَابُ تُرْسِلُ إِشَارَاتٍ كَهْرَبَائِيَّةً إِلَى الْمُخِّ الَّذِي يُمَكِّنُنَا مِنْ تَمْيِيزِ الصَّوْتِ.



يُمْكِنُ تَعْدِيلُ مُعَيَّنَةِ السَّمْعِ لِتُضَخِّمَ تَرْدُّدَاتٍ صَوْتِيَّةً مُعَيَّنَةً.

مُضْطَبِّطُ الْجْهَارَةِ



## الصَّمَمُ

فَاقِدُو السَّمْعِ جُزْئِيًّا يُمَكِّنُ مُسَاعَدَتَهُمْ بِاسْتِخْدَامِ مُعَيَّنَةِ سَمْعٍ. وَهِيَ تَتَأَلَّفُ مِنْ مِيكْرُوفُونٍ وَمُضَخِّمٍ وَمِجْهَارٍ - كُلُّهَا دَقِيقَةٌ صُغْرِيَّةٌ. فَالْأَصْوَاتُ الَّتِي تَصِلُ إِلَى الْمِيكْرُوفُونِ تُضَخِّمُ وَتُعَدِّي إِلَى أُذُنِيَّةِ السَّمَاعَةِ، فَتُسَمِعُ.

مِيكْرُوفُونٌ  
تُشَكِّلُ مُعَيَّنَةُ السَّمْعِ  
لِتَلَاتِمَ شَكْلَ الْأُذُنِ  
غُفَافَةُ الْأُذُنِ

## ذَبْذِبَةُ الْهَوَاءِ فِي الْقَوَارِيرِ

يُمْكِنُكَ مُشَاهَدَةُ وَسَمَاعُ اخْتِلَافِ ذَبْذِبَةِ الْكَمِّيَّاتِ الْمُتَبَايِنَةِ مِنَ الْهَوَاءِ، وَإِصْدَارِهَا أَصْوَاتًا مُخْتَلِفَةً، بِالنَّفْخِ عِبْرَ قُوَاهِثٍ بَضْعِ قَوَارِيرٍ تَحْوِي مَاءً إِلَى أَرْتِفَاعَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ. إِنَّ نَفْخَكَ يَجْعَلُ أَعْمَدَةَ الْهَوَاءِ فِي الْقَوَارِيرِ تَهْتَرُ بِتَرْدُّدِهَا الرَّئِينِيِّ؛ وَتَعْتَمِدُ طَبَقَةُ الصَّوْتِ النَّاتِجِ عَلَى طُولِ عَمُودِ الْهَوَاءِ الْمُتَذَبَذِبِ. لَاحِظْ أَنَّهُ كُلَّمَا قَصُرَ عَمُودُ الْهَوَاءِ الْمُتَذَبَذِبِ تَسَارَعَ ذَبْذِبُهُ وَتَعْلُو طَبَقَةُ الصَّوْتِ الْصَادِرِ مِنْهُ.





## أصوات الحيوانات

الحيوانات المختلفة تُصدر مَدَى واسعًا من الأصوات؛ فبعض الضفادع، رُغم صِغَر حجمها نسبيًا، تستطيع أبتعات نقيق خفيض الطَبقة جدًّا بِنَفْخِ كَبِيسِ هوائِيٍّ تحت الحُلُقُومِ حتَّى يقاربَ حَجْمُهُ حَجْمَهَا. وتُطلقُ القِرْدَةُ العَوَّاءَةَ زَعِيقًا يُعَدُّ من أكثر الأصوات جَهارةً في عَالَمِ الحيوان - إذ إنَّها تجعلُ قُجَواتٍ خاصَّةً بين العظامِ خَلْفَ المَخرَئِينِ تُعزِّزُ زَعِيقَهَا بالرَّنينِ في عَصَافَاتِ هوائِيَّةٍ قَوِيَّةٍ. أمَّا الحشراتُ فَعَدِيمَةُ الصوتِ إذ لا رِثاءَ لها تَنفُخُ لِإحداثِ صوتٍ؛ لكنَّ بعضَ الجَنادِبِ تُصَلِّدُ صَريْرًا حادًّا بِحَلْكِ أَجْنَحَتِهَا.

يُمْكِنُ سَماعُ رَغَقَاتِ القُرْدِ العَوَّاءِ على مَسافةِ ١٦ كيلومترًا.



يتراوح تردُّدُ صَريْرِ الجَنادِبِ بين ٧.٠٠٠ و ١٠٠.٠٠٠ هِرْتز

يتراوح تردُّدُ نَقِيقِ الضفادع بين ٥٠ و ٨.٠٠٠ هِرْتز

يتراوح تردُّدُ رَعِيقِ القِرْدَةِ العَوَّاءَةِ بين ٤٠٠ و ٦٠٠ هِرْتز

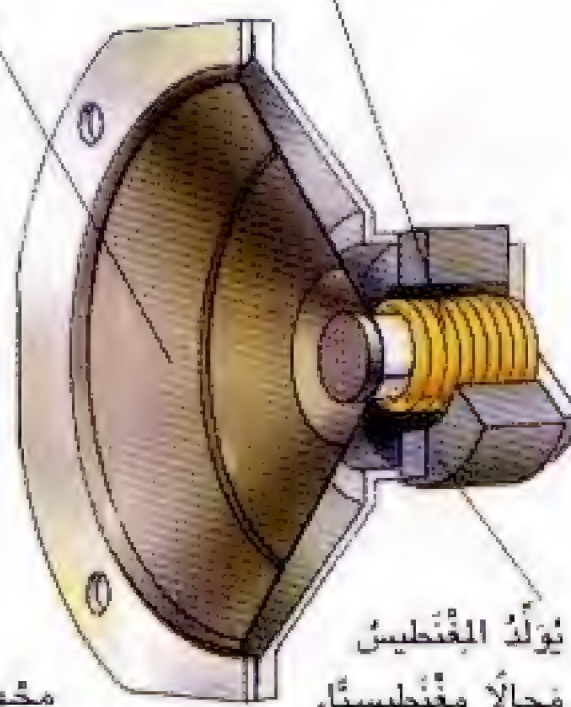
يتراوح تردُّدُ أصواتِ البَشَرِ بين ٨٥ و ١١.٠٠٠ هِرْتز

يُصَنِّعُ رِقُّ المِجْهَارِ المَخروطِيّ من الوَرَقِ أو اللدائن.

يَتَحَرَّكُ المِلْفُ السِّلْكِيّ مُتساوِفًا مع الإشاراتِ الكهربيَّةِ.

## المِجْهَار

يُسجَلُ الصَّوْتُ وَيُسْتَعادُ بِتحويلِهِ إلى إشاراتٍ كهربيَّةِ. فقبْلَ الاستماعِ إلى أسطوانةٍ أو شريطٍ مُسجَلٍ أو إلى أسطوانةٍ قُرصِيَّةٍ مُدَمَجَّةٍ، لا بُدَّ من إعادةِ تحويلِ الإشاراتِ الكهربيَّةِ إلى أصواتٍ بواسطةِ مِجْهَارٍ. في المِجْهَارِ يُعَدِّي المِلْفُ السِّلْكِيّ، المُحاطُ بِمَجالٍ مَغْنَطِيسِيٍّ، بالإشاراتِ الكهربيَّةِ؛ فَتُسَبِّبُ هذه، بِتَغْيِيرِها، ذَبذِبَةَ رِقِّ المِجْهَارِ المَخروطِيّ فيُولِّدُ صَوْتًا.



مِجْهَارٌ ذو مِلْفٍ مُتَحَرِّكٍ

يُولِّدُ المَغْنَطِيسُ مَجالًا مَغْنَطِيسِيًّا.

تستطيعُ الخُفافيشُ إحداثَ وسماعِ تردُّداتٍ فوقِ سَمْعِيَّةِ. فالضَّريرُ العالِي الَّذِي تُصوِّرُهُ يَرْتَدُّ عن الأشياءِ، فيُساعدُها في تحديدِ مَوَاقِعِ طرائِدِها (كالحشراتِ الطائرةِ مثلاً).

تستطيعُ الكلابُ سَماعُ الصَّغِيرِ العالِي التردُّدِ من صَفاراتٍ خاصَّةٍ لا يَشمَعُها الإنسانُ.

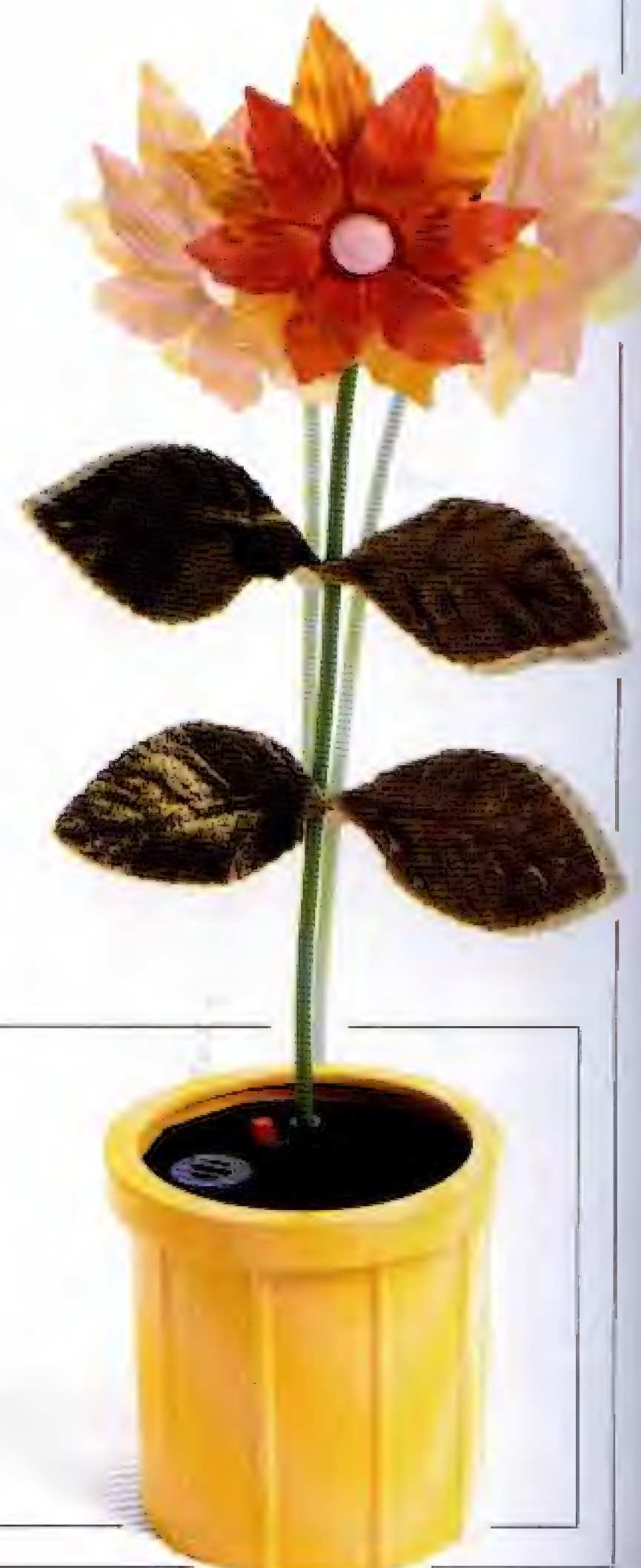


## الميكروفون

تُحوِّلُ الأصواتُ إلى إشاراتٍ كهربيَّةِ لِيُمْكِنَ تَسجيلُها.

والميكروفون ذو المِلْفِ المُتَحَرِّكِ يَستَخدِمُ نِظامًا مُماثِلًا للمِجْهَارِ ذِي المِلْفِ

المُتَحَرِّكِ، لكنَّ بترتيبٍ مَعكُوسٍ. فهو يَحوي مِلْفًا سِلْكِيًّا مُثَبَّتًا إلى قُرصٍ مَرِنٍ يَتَذَبذَبُ مع الرِّقِّ بواسطةِ الأمواجِ الصوتِيَّةِ. ويُولِّدُ تَحَرُّكُ المِلْفِ داخِلَ المَجالِ المَغْنَطِيسِيّ تيارًا كهربيًّا، يَتراوَحُ كَتراوَحِ أمواجِ الصَّوْتِ.



## مَدَى السَّمْعِ في الحيوانات

مُعظَمُ الحيواناتِ يُمْكِنُها سَماعُ تردُّداتٍ أَكثَرَ ممَّا تُصَدِّره، ومُعظَمُها يُصَدِّرُ أصواتًا تَجاوِزُ كَثِيرًا المَدَى الَّذِي يُمْكِنُ لِلإنسانِ سَماعُها. يَتَغَيَّرُ مَدَى تردُّداتِ السَّمْعِ عندَ الإنسانِ مع تَقَدُّمِهِ في السَّنِ. فالوَلَدُ يَستَطيعُ سَماعُ التردُّداتِ من ٢٠ إلى ٢٠.٠٠٠ هِرْتز، فيما لا يَستَطيعُ شَخْصٌ في سِنِ السَّتينِ سَماعُ تردُّداتٍ تَجاوِزُ ١٢.٠٠٠ هِرْتز.

## التَحريكُ بالصَّوْتِ

اللُعبُ البَسيطَةُ المُتَحَرِّكَةُ بالصَّوْتِ، كَهَذِهِ النِّبَّةُ الدُّمِيَّةُ، تَحوي ميكروفونًا يُحَدِّثُ فيها تَحَرُّكًا عَندما يَتَلَقَّى أصواتًا فوقِ مُستوى تردُّدٍ مُعَيَّن. ويَستَطيعُ جِهازٌ مُفَعَّلٌ بالصَّوْتِ أَكثَرَ تَظَوُّرًا وتَعقِيدًا إعطاءَ المَعلُومَاتِ عَن حِسابِ مَصْرِفِيٍّ لِأحدِ الزبائنِ عَندما يُطلَبُ مِنه ذلكُ هاتِفِيًّا. إنَّ تَعَرُّفَ الكَلِماتِ الصائِرةِ مِن أَشخاصٍ مُتَخلِفينِ أَمْرٌ صَعِبٌ جدًّا، لَكِنَّ الحَواسِبَ التي تَستَجيِبُ لأنماطِ صَوْتِيَّةٍ فَرَدِيَّةٍ هي حاليًّا قَيْدُ التَطويرِ لِلإستِعمالِ اليَومِيّ.

## لَمزيد من المَعلُومَاتِ انظُر

- الإهتِزازاتُ ص ١٢٦
- الكهَرِمَغْنَطِيسِيَّةُ ص ١٥٦
- مُقَوِّماتُ إلِكْترونيَّةُ ص ١٦٨
- قِياسُ الصَّوْتِ ص ١٨٠
- إِنعِكاسُ الصَّوْتِ وإمْتِصاصُهُ ص ١٨٤
- الحَواسِبُ ص ٣٥٨



# انِعْكَاسُ الصَّوتِ وَاِمْتِصَاصُهُ

هل تساءلت مرّة لم يبدو صوتك رناناً حين تُغني في غرفة الحمام؟ ذلك لأنّ الأمواج الصوتيّة تنعكس على سطوح الجدران المليسة الصلابة فترتد عنها تكراراً كارتداد الكرة المطاطيّة في ملعب السكواش الرباعيّ الجدران. إنّ اتّجاه الأمواج الصوتيّة يتغيّر عند كلّ انعكاس، لكنّ طبقة الصوت لا تتغيّر. وانعكاسات الصوت أصداً تُفيد في مجالات عديدة إضافة إلى كونها عنصراً تسلية. فقبل أيام الرادار، كان البحارة، عندما يحاصرون الضباب، يطلقون نفيراً خاصاً اسمه نفير الضباب فيحدّدون بعدهم عن الصخور الخطرة بقياس الفارق الزمنيّ بين صوت النفير وسماع انعكاسه. غير أنّ الأصوات لا تنعكس دائماً، فهي إنّ وقعت على سطح رخو طريّ، تمتص فلا ترتد.

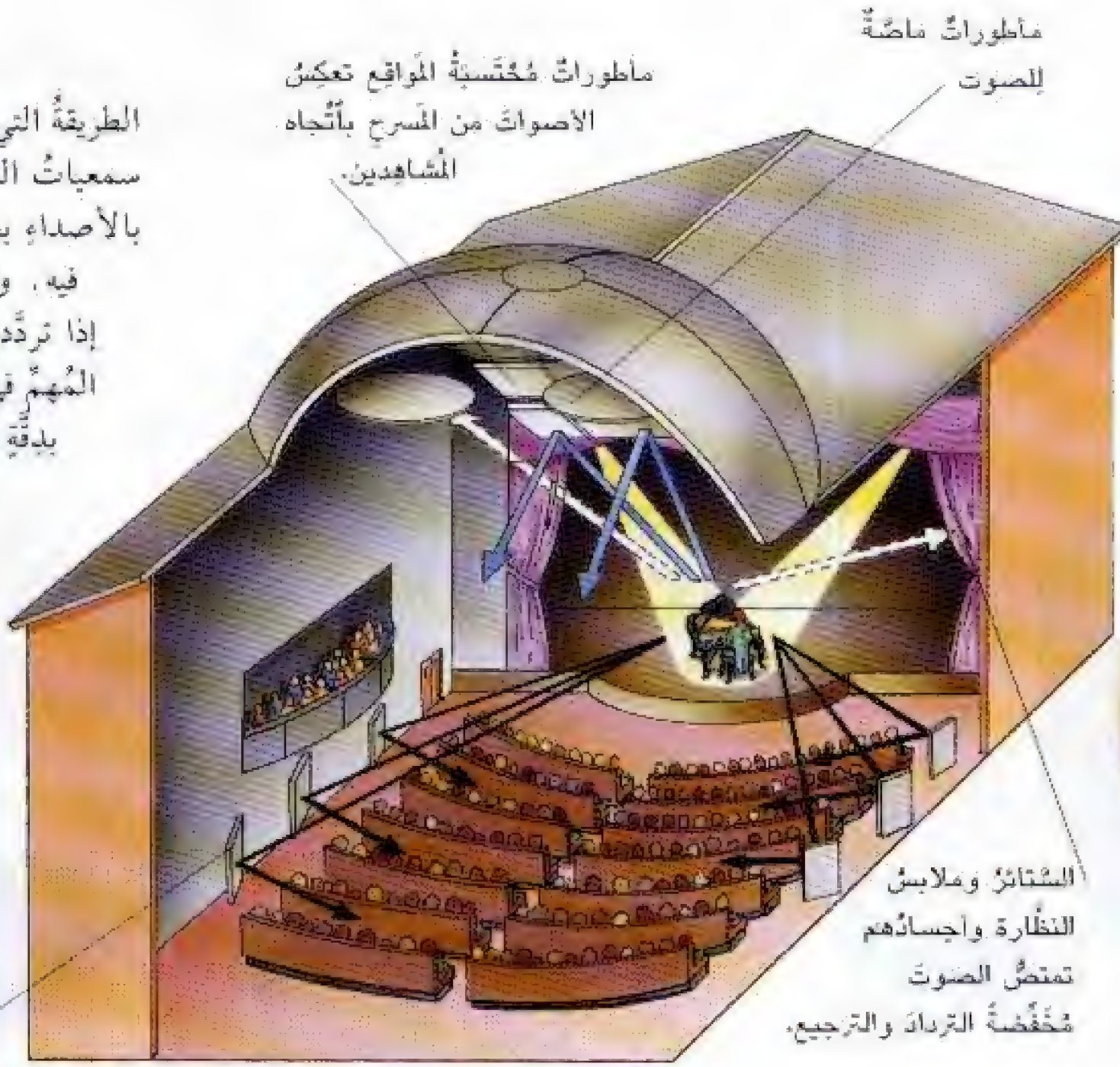


الأصدا

إذا وقعت على بعد مُعيّن من جدار وصنعت أو صُنّعت فسيرتد إليك انعكاس الصوت صدى بعد فترة وجيزة يعتمد طولها على مدى بُعديك عن الجدار. فإذا كانت المسافة ٥٠ متراً، فالصوت سيقطع مسافة ١٠٠ متر ليعود صداً إليك. فإذا قسّمت ١٠٠ متر على الفاصل الزمنيّ بين إحداث الصوت وسماع صداً، تحصل على سرعة انتقال الصوت.

## السّمعيّات

الطريقة التي تُرجع فيها الأصدا في مبنى تُسمّى سمعيّات المبنى. فالمبنى الكبير قد يبدو عاجاً بالأصداً بخاصة إذا كثرت السطوح العاريّة فيه. وتحدث ترجيعات الصدى في مبنى إذا ترددت الأصدا عدّة ثوانٍ فيه. ومن المهم في قاعة موسيقيّة التحكّم في الأصدا بدقة - فبتقصها تبدو الأنغام الموسيقيّة هزيلة باهتة، وبفرطها تلتخبط الأصوات وتُسوّش. لذا تُركّز ماطورات خاصّة لتوجيه انعكاسات الصوت نحو جمهور المُستمعين، كما تُركّب أخرى، إضافة إلى الستائر، لإمتصاص الترجيعات الزائدة.

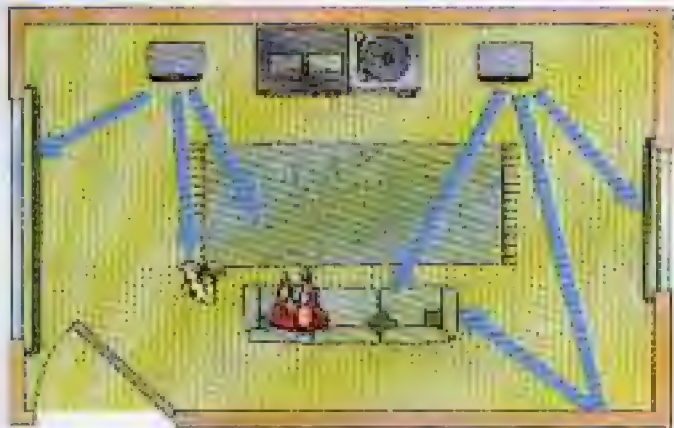


غرفة لا صدويّة

الماطورات الماصة للصوت في سقف وجدران القاعة الهوائيّة اللاصدويّة تُخفّض تردد الصوت وترجيّعاته. وهذا يمكن العلماء من قياس الضجيج الذي تولّده مروحّة الطائرة الدائرة بدقة.

## إمْتِصَاصُ الصَّوتِ

السطوح الرخوة القاريّة تمتصّ طاقة الصوت كما يمتصّ الرمل طاقة كرة تضربه. في هذه الحجرة، السجادة والستائر والأريكة والنبّة، جميعها، تمتصّ الطاقة الصوتيّة فلا ترتد أصداً.



## انِعْكَاسُ الصَّوتِ

تعكس السطوح الصلبة المليسة طاقة الصوت كما ترتد كرة عن جدار خرسانيّ. في هذه الحجرة يرتد الصوت، الذي يتبعه المجهران المُجسمان، عن أرضيّة الغرفة وجدرانها كما عن المقعد الخشبيّ.



## الصُّحُونُ الصوتيّة (العاكسة)

تُستخدم صُحُونُ مكافئيّة المقطع لتجميع الصوت وتركيزه. فالشكل الخاص للصحن الصوتيّ يعكس الصوت الآتي بمواجهته مباشرة ويركّزه نحو الميكروفون المُثبت في وسطه. وهكذا يستقبل الميكروفون طاقة صوتيّة أكبر، فيمكن به مثلاً تسجيل الأصوات الخفيفة مستوى الشدة كنغريد بعض الطيور.

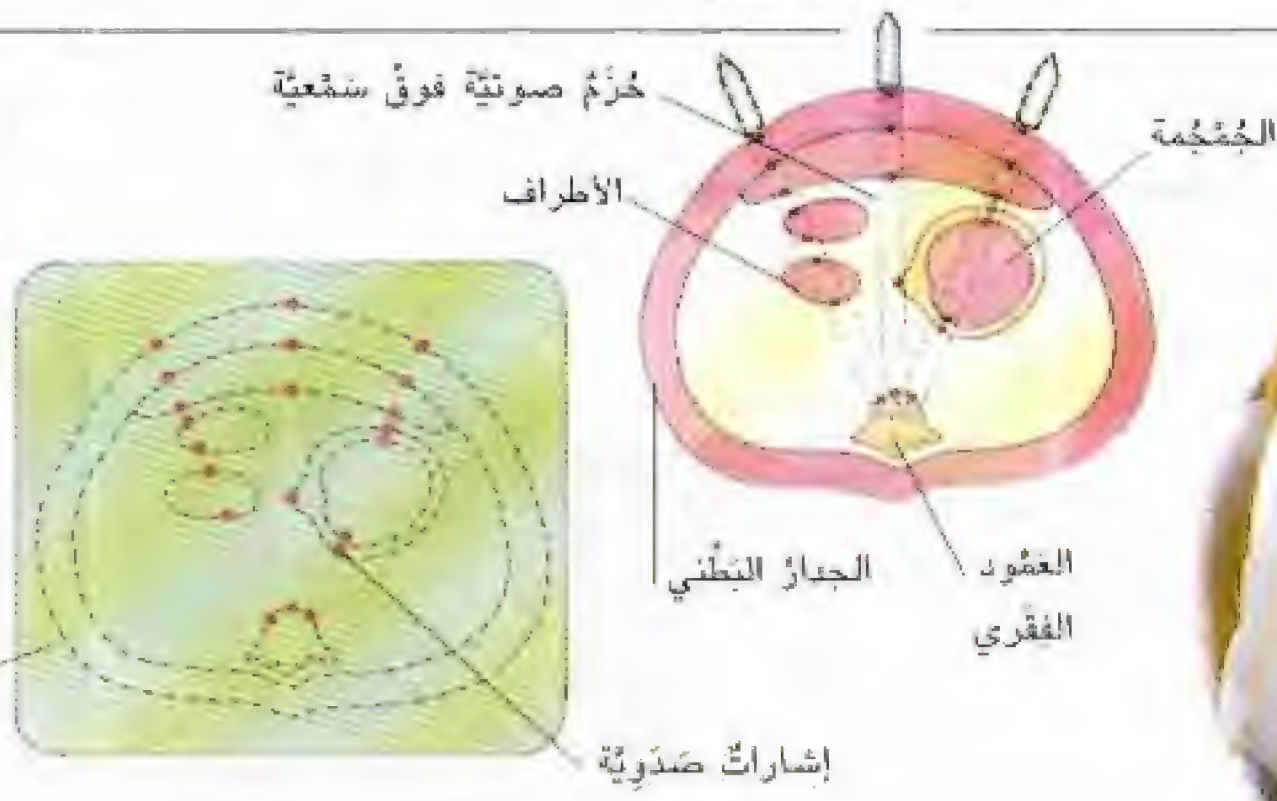




## التصوير بالصَّوت فوق السَّمْعِي

تُسجَلُ أصدااءُ الصَّوت فوق السَّمْعِي كسلسلةٍ من النُّقْطِ المُتَابِئَةِ النَّصُوعِ تَبَعًا لِشِدَّةِ الصَّدى المُسْتَقْبَلِ. هذه الصُّورَةُ لِجَنِينٍ فِي رَحِمِ أُمِّهِ شَكَّلَتْ حَاسُوبِيًّا مِنْ مَجْمُوعَةِ تَقْرِيسَاتِ.

صورةٌ بالأمواج فوق السَّمْعِيَّةِ تَوَلَّفَهَا التَقْرِيسَاتِ.



## تحديدُ المواقع بالصَّدى

تُستخدَمُ الدَّلَافِيُنُ تَرْدَدَاتٍ فوق سمعيةٍ لِلتَّوَاصُلِ فيما بينها وَلِتَحْدِيدِ مَوَاقِعِ أَسْرَابِ السَّمَكِ والعَوَاتِقِ تَحْتَ المَاءِ. فهي تُصْدِرُ طَقَاتٍ صَوْتِيَّةً عَالِيَةً تَرْتَدُّ أَصْدَاؤُهَا عَنِ الأَجْسَامِ الَّتِي تَعْتَرِضُهَا مِمَّا يُمَكِّنُ الدَّلَافِيُنَ مِنْ تَحْدِيدِ حَجْمِ وَبُعْدِ تِلْكَ الأَجْسَامِ فِي المَاءِ حَوْلَئِهَا. وهذا النِّظَامُ عَظِيمُ الفَائِدَةِ بِخَاصَّةٍ فِي الكَشْفِ عَنِ مُقَرَّسَاتِ كِكَلَابِ البَحْرِ (أَيِ أَسْمَاكِ القِرَاشِ) الخَطِرَةِ.

تُضَدُّ الطُّقَاتُ الصَوْتِيَّةُ مِنْ عَضْوٍ خَاصٍّ فِي رَأْسِ الدَّلَفِينِ.



## الصوت فوق السَّمْعِي

الأمواجُ الصَوْتِيَّةُ الَّتِي يَقُوقُ تَرْدُّدُهَا ٢٠ أَلْفَ هِرْتِزٍ لَا تَسْمَعُهَا الأُذُنُ البَشَرِيَّةُ؛ والصَّوتُ النَّاتِجُ عَنْهَا أَوْ عَنْ تَرْدُّدَاتٍ أَكْبَرَ مِنْهَا هُوَ صَوْتُ فوق السَّمْعِي. وَتُستخدَمُ الأصْوَاتُ فوق السَّمْعِيَّةُ فِي الطَّبِّ لِأَنَّ أَمَواجَهَا، بِخِلَافِ الأشْعَةِ السَّيَّةِ، لَا تُتَلَفُ الأَنْبِجَةِ البَشَرِيَّةِ. يُرْسَلُ المِقْرَاسُ إِلَى دَاخِلِ الجِسْمِ أَمَواجًا فوق سَمْعِيَّةً تَنعِكِسُ عَنِ الأَعْضَاءِ المُخْتَلِفَةِ، وَيَتَلَقَّى انْعِكَاسَاتُهَا فَيَعْرِضُهَا صُورَةً عَلَى شَاشَتِهِ.

يُستَبَانُ عُقُوقُ الخُطَامِ مِنَ الوَقْتِ الَّذِي يَسْتَغْرِقُهُ صَدَى الأمَواجِ الصَوْتِيَّةِ المُنْعَكِسَةِ عَنْهُ لِزَوْنَتِهِ إِلَى السَّفِينَةِ.

يُرْسَلُ السُونَارُ، المُقَبَّطُ تَحْتَ صَالِبِ السَّفِينَةِ، إِلَى أعْمَاقِ المَاءِ أَمَواجًا صَوْتِيَّةً عَالِيَةً التَّرْدُّدِ.



## إِخْتِيَارٌ لَا إِتْلَافِي

المُقَرَّسَاتُ المُهَيَّئَةُ فِي الطَّائِرَاتِ يَجِبُ أَنْ تَكُونَ خَالِيَةً مِنْ أَيْ خَلَلٍ كَامِنٍ، فَالشَّقُوقُ الدَّاخِلِيَّةُ الدَّقِيقَةُ، فِي مَقُومٍ مِنْهَا، قَدْ تَشِيعُ فَيَتَعَطَّلُ أَدَاؤُهُ أَثْنَاءَ الطَّيْرَانِ. لِذَا تُخْتَارُ هَذِهِ المُقَرَّسَاتُ إِخْتِيَارًا لَا إِتْلَافِيًّا يَستخدِمُ الصَّوتُ فوق السَّمْعِي لِكِتْشَافِ أَيْ خَلَلٍ دُونَ إِنْحَاكِ الضَّرَرِ بِالمَقُومِ ذَاتِهِ. فَالتَّبَصُّاتُ فوق السَمْعِيَّةِ المُنْعَكِسَةُ عَنْ مِثْلِ هَذِهِ الشَّقُوقِ، إِنْ وَجِدَتْ، تُظْهِرُ فِي الصُّورِ فوق السَمْعِيَّةِ عَلَى الشَّاشَةِ.



يَعَكُسُ خُطَامُ السَّفِينَةِ الصَّوتَ أَصْدَاءً.

## السَّيْرُ بِالصَّدى

إِنَّ كَارِثَةَ التَّيْنِيكِ عَامَ ١٩١٢، حِينَ أَصْطَلَمَتِ السَّفِينَةُ بِجَبَلٍ جَلِيدِيٍّ فِي سَفَرِهَا الْبَحْرِ، قَادَ الْعَالَمَ الْفَرَنْسِيَّ، بُولَ لَانْجِيْن، مَشَارِيعَ أبحاثٍ لِتَطْوِيرِ السُونَارِ. يَستخدِمُ جِهَازُ السُونَارِ أَمَواجًا فوق سَمْعِيَّةً لِتَحْدِيدِ مَوَاقِعِ جِبَالِ الجَلِيدِ وَأَسْرَابِ السَّمَكِ وَخُطَامِ السَّمُنِ أَوْ العَوَاصِمَاتِ، وَلِسَّيْرِ أعْمَاقِ البَحَارِ أَيْضًا. فَيُرْسَلُ تَبَصُّاتٌ صَوْتِيَّةٌ فِي اليَمِّ، وَيَرْتَدُّ الأَصْدَاءُ المُرْتَدَّةُ عَنْ أَيْ شَيْءٍ تَحْتَ المَاءِ. وَبِقِيَاسِ الفَارَقِ الزَّمَنِيِّ بَيْنَ إِرْسَالِ التَّبَصُّعِ وَاسْتِقبالِ صَدَاها، يُمْكِنُ أَحْصَابُ عُقُوقِ الشَّيْءِ أَوْ بُعْدِهِ عَنِ السَّفِينَةِ.

## صورةٌ عَلَى الشَّاشَةِ

هَذِهِ الصُّورَةُ لِخُطَامِ سَفِينَةٍ تَحْتَ المَاءِ تَكُونَتْ بِتَقْرِيسِ (مَسْحِ) أَتْجَامِ الأَصْدَاءِ الوَارِدَةِ؛ وَتَدْرِيجِيًّا ارْتَسَمَتْ أَنْمَاطُ الأَصْدَاءِ صُورَةً عَلَى شَاشَةِ الحَاسُوبِ.

يُعَمَّرُ المَقُومُ المَعْدِنِي فِي المَاءِ الَّذِي يَعْمَلُ كَوَسْطٍ مُوَاصِلٍ لِلصَّوتِ.

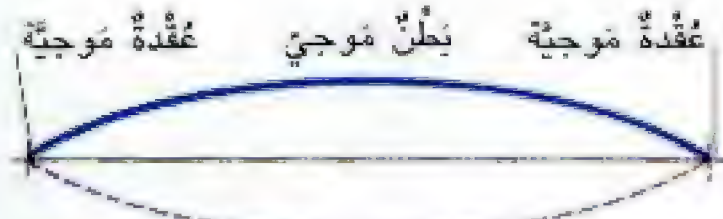
## لمزيد من المعلومات انظر

- الصَّوتُ والضَّوُّ ص ١٧٧
- قِيَاسُ الصَّوتِ ص ١٨٠
- إِحْدَاثُ الصَّوتِ وَسَمَاعُهُ ص ١٨٢
- الْمَبُونَاتُ ص ٣٣٤



# الأصوات الموسيقية

الآلات الموسيقية جميعها تعمل بذبذبة الهواء؛ فالعازفة أو العازف يتحكم بتردد الذبذبات وسعتها ليعزف الألحان والإيقاعات. أما جرس (أي نوعية صوت) الآلة المميز فيعتمد على كيفية ذبذبة الهواء. ينفخ العازف آلة النفخ الموسيقية إما من خلال فتحة أو عبر لسان ريشي؛ فالهواء داخل الناي (وهي لا تحوي لساناً) يتذبذب ببساطة مُصدراً صوتاً رخيماً نقيّاً. أما في مِزمار القرب فالهواء المنفوخ عبر السنّة أنابيب يتذبذب بنسق مُعقّد مُصدراً صوتاً غنياً أجشّاً. وتُعرّف جميع الآلات الصوتية (اللاكهربائية)، وترية أو نفخية أو نقرية بالإنباض أو بجِرّ القوس والنفخ والنقر.



التوافقية الأساسية



التوافقية الثانية

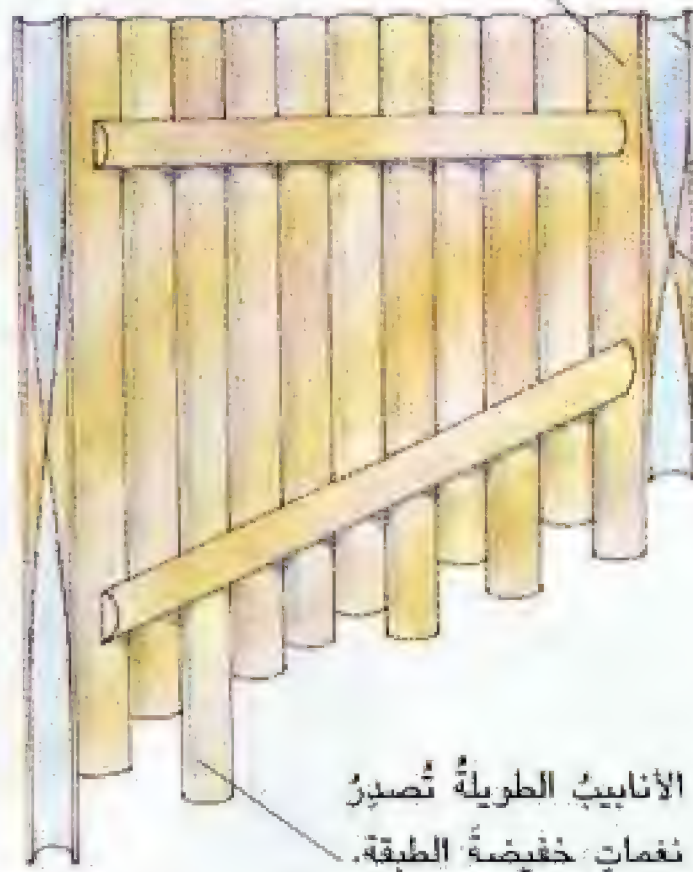


التوافقية الثالثة

## التوافقيات الوترية

التوافقيات هي الترددات المختلفة التي يمكن للشيء أن يتذبذب بها. فالوتر المشدود بين دعامين يستطيع التذبذب بحيث يتلاءم عدد متباين من الأطوال الموجية على امتداده. فالموجة ذات الطول الموجي الأكثر هي الأساسية؛ والذبذبات الأخرى هي ذات أطوال موجية أقل وترددات أعلى. وتُعرف هذه السلسلة المتوالية من الترددات بالتوافقيات. ونسبة التوافقيات المختلفة هي التي تُكسب الآلة الموسيقية صوتها المميز.

الأنابيب القصيرة تُصدر نغمات عالية الطبقة.



بطنان موجتان عند طرفي الأنبوب المفتوح حيث حركة الهواء القصوى.

الهواء لا يتحرك عند عقدة موجية

الأنابيب الطويلة تُصدر نغمات خفيفة الطبقة.

الأوتار الغليظة الطويلة تُصدر نغمات خفيفة الطبقة (درجة النغم). أما الأوتار الرفيعة القصيرة فتُصدر نغمات عالية الطبقة.



بإستطاعة عازف البيانو استعمال جميع أصابعه ليعزف ما يصل إلى عشر نغمات في وقت واحد.

## البيانو

تُدق أوتار البيانو المعدنية بمطارق تُسَـغَلُّها المفاتيح (أصابع العزف المتحركة). ويستطيع العازف (أو العازفة) ضغط عدة مفاتيح معاً ليعزف توليفات نغمية. بعض التوليفات عذبة سماعاً وبعضها قد يكون نشاراً. وسرّ العزف الناجح هو في مزج الأنغام في توليفات موسيقية متوافقة (هارمونية).

## الأنابيب المزمارية

يتذبذب عمود الهواء داخل الأنبوب لتحللاً وتضاعفاً؛ وتتغير حركة الهواء عند وسط العمود حيث العقدة الموجية. وتكون ذبذبة الهواء على أقصاها عند طرفي العمود حيث بطنا الموجة.

يتغير توتر الوتر بتدوير الملولي.

يمكن تقصير الوتر بالضغط على الاعتاب (الدساتين).

## السيّار

كل وتر في الآلة الوترية يتذبذب بترده الطبيعي الخاص. ويمكن زيادة تردد الوتر إما بتقصير طوله أو بزيادة توتره أو باستخدام وتر أخف. وفي العديد من الآلات الوترية تتنقل ذبذبات الأوتار إلى جسم الآلة الأجوف - الذي يعزف برنينه الأنغام ويضخمها.

## البوق

يُذبذب عازف البوق شفّته لإحداث الرنين في الهواء داخل البوق. ويستطيع عازف البوق إصدار نغمات مختلفة بتغيير توتر شفّته وفتح وغلقي صمامات تُغيّر طول الأنبوب (وعمود الهواء فيه). أعمدة الهواء الطويلة أبداً ذبذبة من الأعمدة القصيرة وتُصدر نغمات أخفض طبقة. وبتشديد النفخ ترتفع جهازة الصوت.





## الجوقة الموسيقية (الأوركسترا)

إنَّ توليف الأنغام المختلفة الطبقة من آلات وترية وآلات نفخ ونقر في الأوركسترا يُنتج تنوعاً ضخماً من التوافقيات والجرس المتميز. وهو توليف مُحَظَّظ ومُدروس بعناية - فكلُّ مجموعة (أو وحدة) من الآلات لها دورها الخاص في أداء القطعة الموسيقية. والجوقة الموسيقية قد تُعزف بنعومة ورقية بالكاد تُسمَع؛ لكن عندما يُشارك أفراد الفرقة جميعهم في العزف عاليًا، فإنَّ مستوى الصوت قد يبلغ ١٠٠ ديسيبل.

وحدة آلات النقر  
تُعزف أحياناً عدة آلات في أداء واحد.

وحدة الآلات النحاسية  
تضمُّ الأبواق على أنواعها؛  
(من أبواق وترمبونات وتيوبات)

تُنْبَضُ أوتار  
القيثار للغزف.

أوتار الكمان  
والقيثولات تُصنر  
الأصوات بجُر  
القوس عليها أو  
بإصبعها.

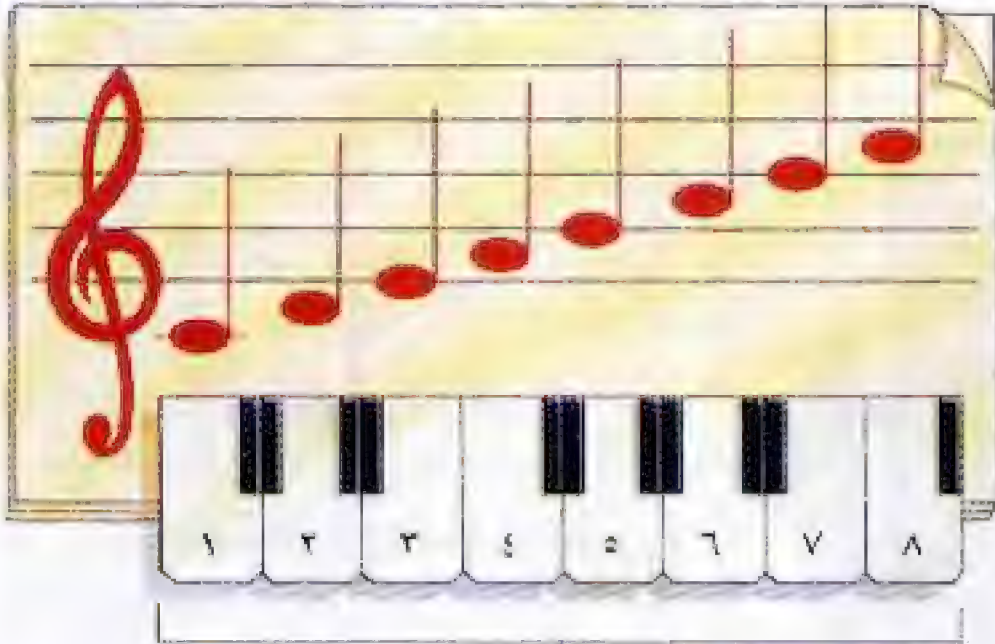
وحدة آلات النفخ الخشبية تضمُّ الصُرنايات  
(الكلارينيتات) المفردة ريشة اللسان  
والمزامير والباسونات (الزماجر) المزدوجة  
ريشة اللسان والنايات العديمة اللسان.

قائد الأوركسترا يضبط الإيقاع  
بقصاه وتوجيه الإشارات إلى  
العازف المختص شخصياً.

الآلات الوترية الكبيرة،  
كالشيللو والكمان  
المزدوج (الدبل باز)،  
تُصنر أخفض  
الأصوات طبقة.

## السلم الموسيقي

السلم الموسيقي متواليّة أنغام تتراد تردّداتها تدريجياً بنسق طبيعي عذب. النغمة الأخيرة في أعلى السلم ذات تردّد يُعادل تماماً ضعف تردّد النغمة الأولى في أسفلها. النغمتان اللتان تردّد أحدهما ضعف تردّد الأخرى نقول إنّه يُفصل بينهما جواب (ثمانية نغم).



جواب (ثمانية نغم)

٢٦٢ ٢٩٤ ٣٣٠ ٣٤٩ ٣٩٢ ٤٤٠ ٤٩٤ ٥٢٤

كلُّ نغمة في سلم  
موسيقى هي تردّد  
صوتي مُعَيّن.

الجلد المشدود يُصنر  
صوتاً عالي الطبقة؛  
بينما يُصنر الجلد  
الراخي صوتاً خفيض  
الطبقة.

## قرع الطبول

اللحن والإيقاع المُستَظمان من آلات النقر، كالطبول، يُضفيان على الموسيقى يوازاً شاملاً. يهتز جلد الطبل بالقرع، ويجب ضبط القرع بالشدة اللازمة تماماً لجعل الآلة تتذبذب بالشكل الصحيح. الجلد المشدود أكثر يُصدّر طبقة صوتية أعلى، كما التوتر الأشدّ تورثاً يُصدّر نغمة أعلى.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الاهتزازات ص ١٢٦
- قياس الصوت ص ١٨٠
- جهاز الصوت ص ١٨١
- إحداث الصوت وسماعه ص ١٨٢
- انعكاس الصوت وامتناعه ص ١٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٢



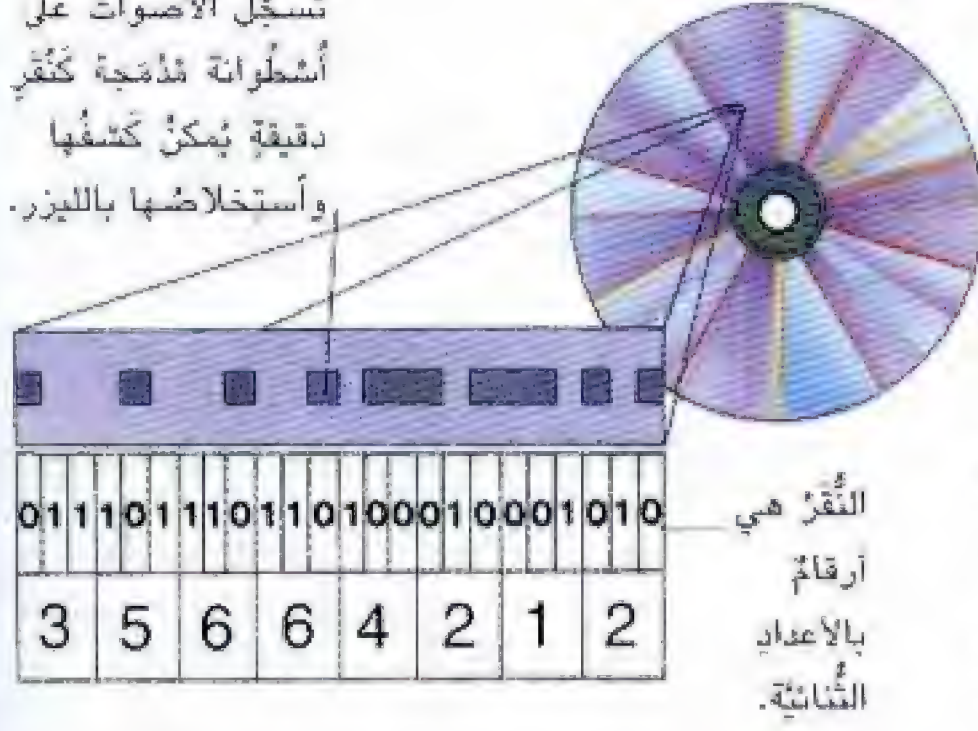
## فيثاغورس

كان الفيلسوف والرياضي الإغريقي، فيثاغورس (٥٨٢ - ٥٠٠ ق.م.) يعتقد بإمكانية التعبير عن الجمالي والأنغام عديداً. وقد عرّف العلاقة الرياضية بين طبقة الصوت وطول الوتر أو الأنبوب، أو حجم الجرس الذي يُصدّرها. ووجد أن تقصير الوتر إلى نصفه يُضاعف تردّد ذبذبه الأساسية ويزيد طبقة النغم جواباً (ثمانية نغم).



# تسجيل الصوت

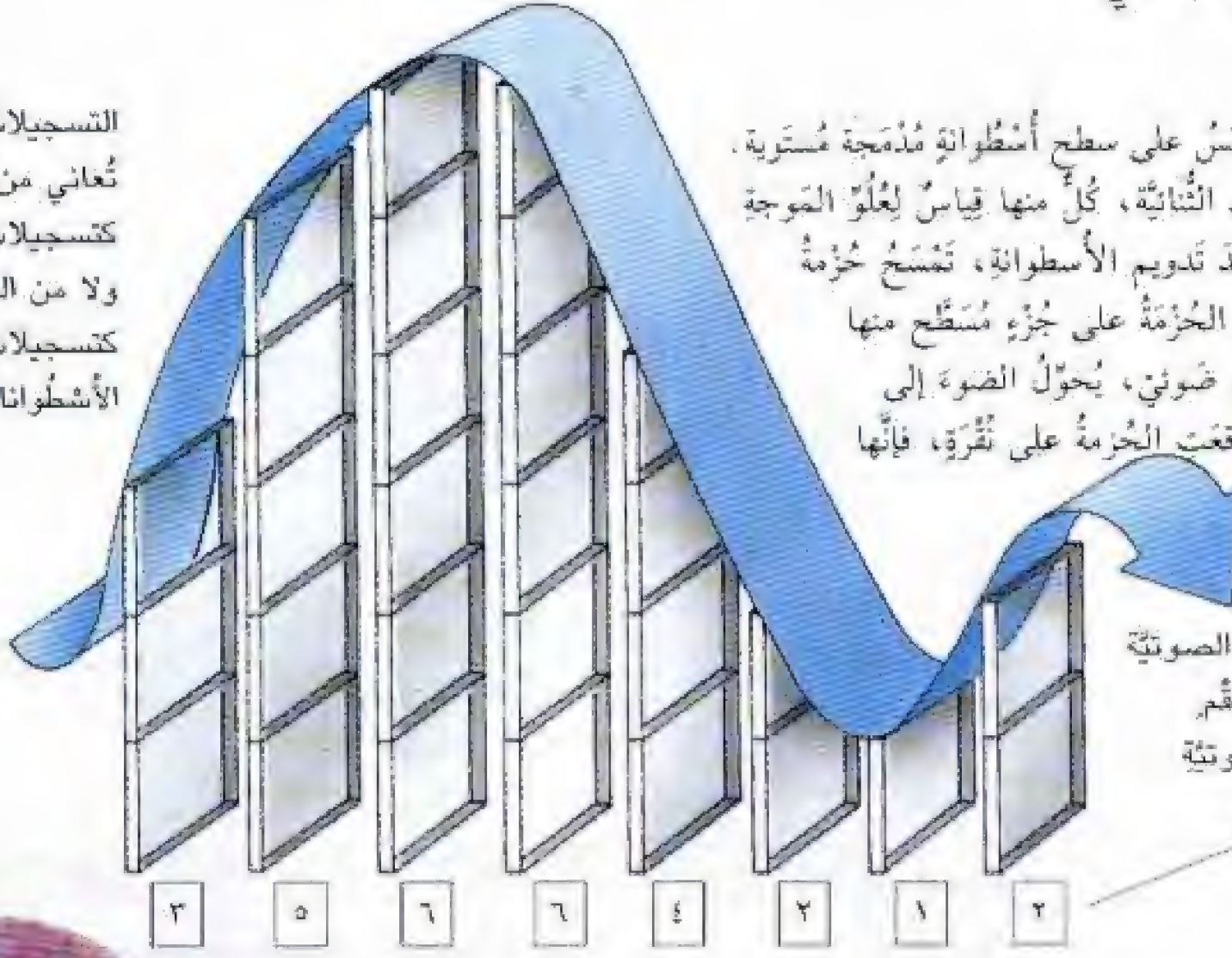
تُسجل الأصوات على أسطوانة مدمجة ككثير دقيقة يمكن كشفها واستخلاصها بالليزر.



النقطة هي أرقام بالأعداد الثنائية.

كما الكلمات المكتوبة على الورق تُقرأ مرارًا وتكرارًا، كذلك الأصوات يمكن تسجيلها واستعادتها مرة بعد أخرى. التسجيلات الصوتية كلها تُخزن الأصوات باستنساخ تموجاتها. هنالك نوعان من التسجيل الصوتي: النظيري والرقمي. في التسجيلات النظيرية تُخزن أنماط الأمواج الصوتية كخط متموج يُحز على أسطوانة، أو كأنماط مغناطيسية على شريط. أما التسجيلات الرقمية فتحوّل فيها أنماط الأمواج الصوتية إلى أرقام تُوضع مواقع كافة النقاط على الموجة الصوتية قبل تسجيلها. وتُخزن هذه الأرقام ككثير دقيقة على أسطوانة مدمجة أو كأنماط مغناطيسية على شريط سمعي رقمي، ثم يُعاد تحويلها إلى صوت بمعالج صغري رقاقي.

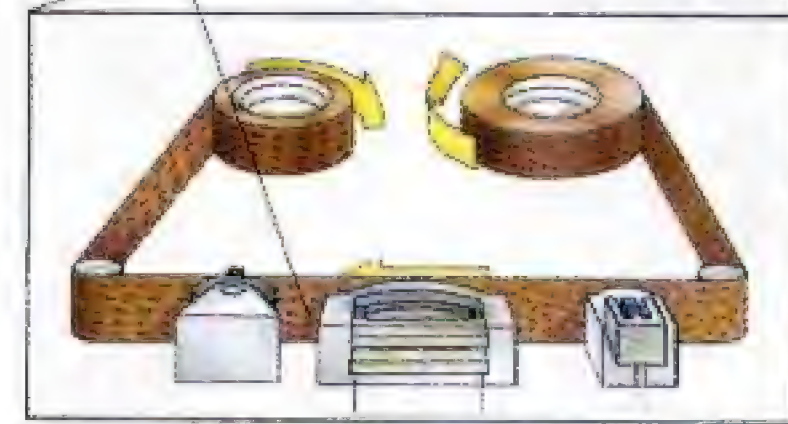
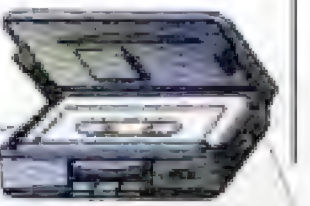
التسجيلات الرقمية لا تُعاني من الهسيس كتسجيلات الاشرطة، ولا من الخدوش كتسجيلات الأسطوانات.



## التسجيل الرقمي

يُسجل الصوت نُقراً دقيقة تُكبس على سطح أسطوانة مدمجة مُستوية. هذه النقطة هي أرقام بالأعداد الثنائية، كل منها قياس يُعَلو الموجة الصوتية في لحظة معينة. عند تدوير الأسطوانة، تُمسح حزمة المغزفة سطحها، وإذا تسقط الحزمة على جزء مُسطح منها تنعكس الحزمة نحو بكشاف ضوئي، يُحوّل الضوء إلى نبضات كهربائية؛ لكن إذا وقعت الحزمة على نُقْرة، فإنها تنعكس بعيداً.

يُغذى رأس التسجيل بالإشارات الكهربائية من الميكروفون، فيُرثت مجاله المغناطيسي الجسيمات في نقط مغن.



يمكن تسجيل الأمواج الصوتية كنسيلة رقمية؛ كل رقم يُحدّد علو الموجة الصوتية في لحظة معينة.

## التسجيل الشريطي

شريط التسجيل داخل الحافظة (الكاسيت) مُغطى بطبقة أكسيدية تحوي فيزيات ومغناطيسية. ففي شريط غفل تُجّه الجسيمات المغناطيسية عشوائيًا، لكنها بعد تسجيل الصوت تتخذ نمطًا يتوافق مع الصوت المُسجل.

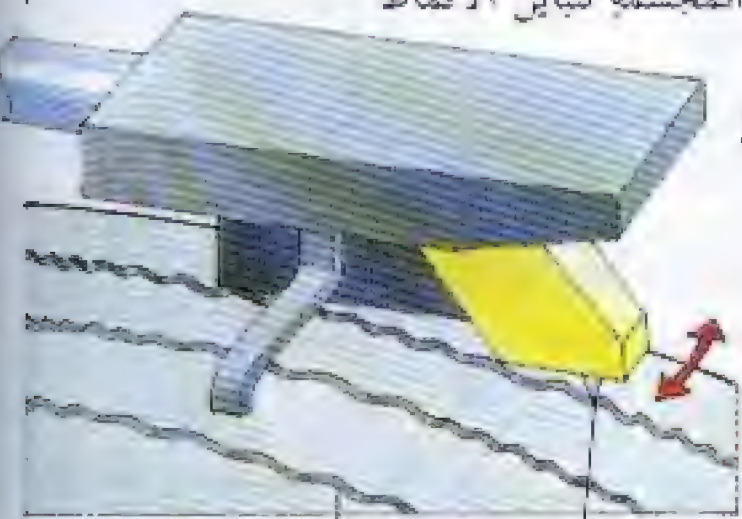
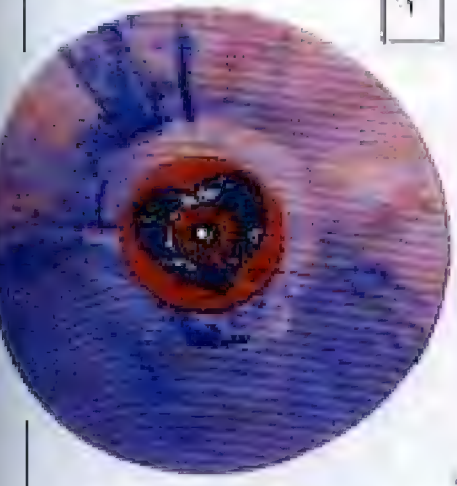
## ستوديو التسجيل

تجري التسجيلات بمزج (وتوليف) الأصوات من الآلات المختلفة والمُغنين، وليس من الضروري تسجيل كل شيء دفعة واحدة - إذ يستطيع مُهندس الصوت إضافة الأصوات واحدًا فوق الآخر. فهو يوجّه عملية المزج بتحريك مقاليذ انزلاقية على نُضد التوليف.



## الأسطوانات

تهتز إبرة مغزفة الأسطوانات (الفونوغراف) أثناء مسيرها في خز الأسطوانة تبعًا لنمط الأمواج الصوتية المُسجلة عليها. وهذه الاهتزازات تستثير إشارات كهربائية في رأس اللاقط. في الأسطوانات المُجسّمة تتباين الأنماط قليلًا على جانبي الخز فتُخرج الأصوات المختلفة من الجهازين الأيمن والأيسر (مُجسمة).

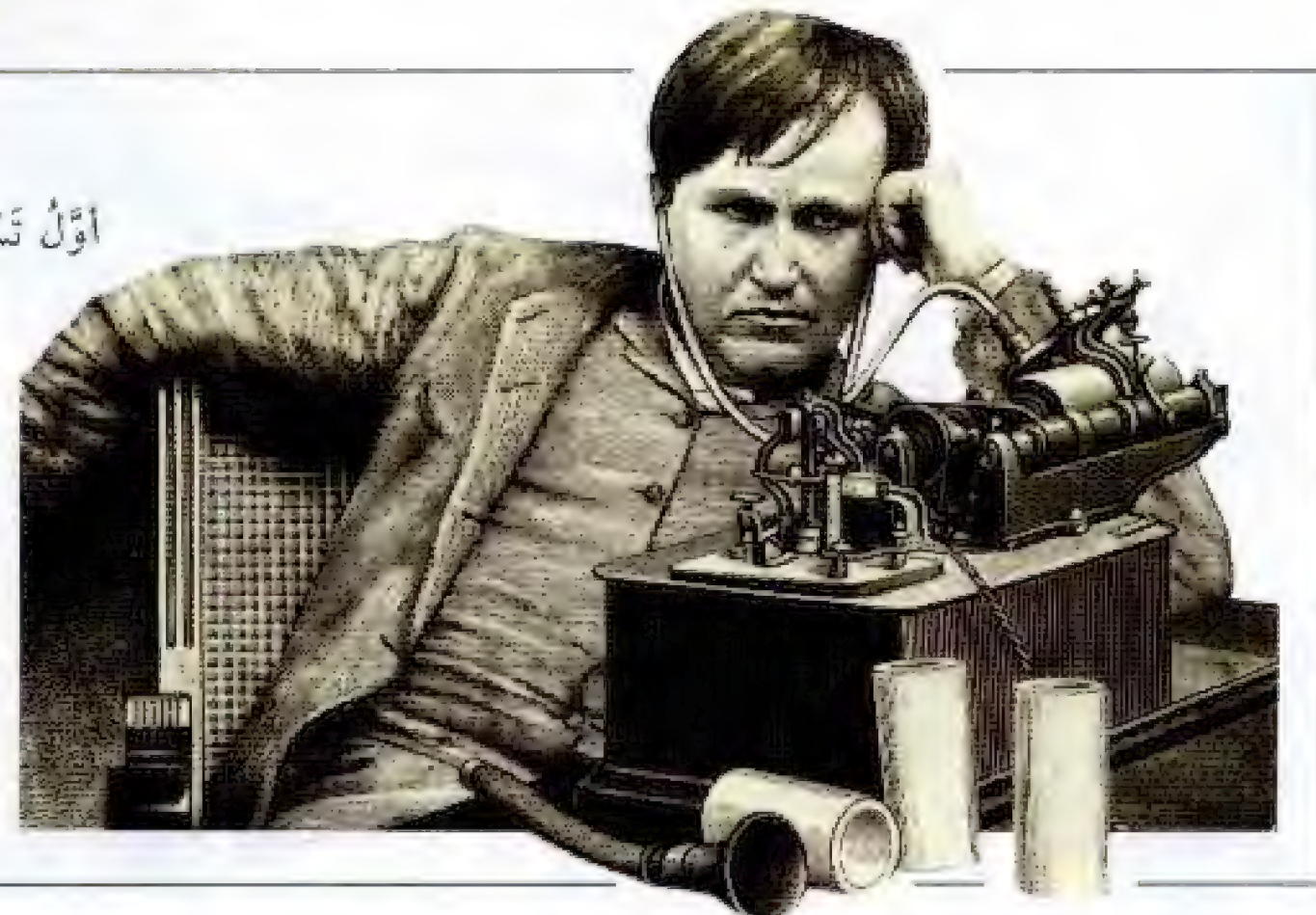


تشري إبرة المغزفة في الخز.

الخز طوله ٤٠ سمتر وأكثر!

## توماس إديسون

أول تسجيل صوتي كان عام ١٨٧٧، أجراه توماس إديسون (١٨٤٧-١٩٣١) لكلمات إحدى أناشيد الأطفال سجلها بصوته على فونوغرافه. وقد أُجري هذا التسجيل بخدش خز في أسطوانة شمعية. ولم يكن فونوغراف إديسون يعمل كهربائيًا، بل اعتمد فقط على الاهتزازات الميكانيكية للإبرة في تسجيل الأصوات واستعادتها.



### لمزيد من المعلومات انظر

- أشباه الفلزات ص ٣٩
- المغناطيسية ص ١٥٤
- الكهرومغناطيسية ص ١٥٦
- الأصوات الإلكترونية ص ١٨٩



# الأصوات الإلكترونية

جميع الأصوات المعروفة، بما فيها الصوت البشري، يمكن إحداثها إلكترونياً بتقنيات الأصوات الرقمية. وتستطيع الآلات الإلكترونية أيضاً تخليق أصوات جديدة بالكامل. فالآلات الصوتية يمكن أن يستبدل بها أصوات مُخلّقة أو عينات صوتية تُعرّف إقبالاً أو إدباراً أو بطبقة مختلفة أو يمكن مُعالجتها حاسوبياً بأساليب مُتنوعة. كما يمكن أيضاً إضافة الأصداً والترجيعات إلى الأصوات إلكترونياً. والواقع إنه من الممكن لشخص يعمل بمفرده على لوحة مفاتيح وحاسوب، في غرفة صغيرة، أن يُخلق أصوات أوركسترا بكاملها.



## المؤثرات الخاصة

يتم تأليف الموسيقى الإلكترونية والتأثيرات المرافقة، للإذاعة والتلفزة، في مشغل راديو فوني. في بدايات البث الإذاعي، كانت أصوات الرّعد مثلاً، تُنتج بهزة صفائح معدنية كبيرة؛ وأصوات وقع حوافز الخيل بالتقر على قشور جوز الهند. أما اليوم، فيمكن تخليق هذه الأصوات إلكترونياً.



## الأصوات المُولفة

المُولفة آلة موسيقية تُخلق الأصوات إلكترونياً. المُولفة التي صممها المهندس الأمريكي روبرت مونغ في الخمسينيات، كانت تُعرّف نغمة واحدة في كل مرة، أما المُولفات الرقمية الحديثة فيمكنها إنتاج ترتيبات مُعقدة جداً من الأصوات. فالبروفيسور ستيفن هوكينغ، الذي لا يستطيع التكلّم، يتواصل مع الناس مُستخدماً حاسوباً يُخلق الكلمات.



تُدخل الكلمات إلى الحاسوب عبر لوحة المفاتيح - فينتطق بها بصوت مُولف.



## البنية الرقمية للآلات

### الموسيقية (منظومة يدي)

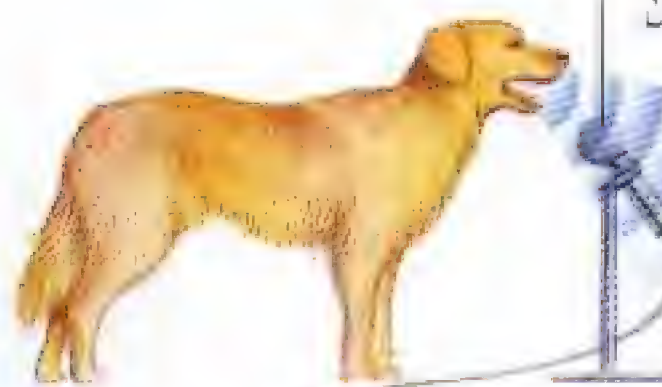
هذه المنظومة الرقمية بين الآلات الموسيقية تمكن الحاسوب من استشارة الآلات المختلفة، كلوحات المفاتيح ومكثفات الطبول، إلى العمل لتضليل الأصوات معاً أو على التوالي. وهذا يعني أن المُولف الموسيقي، باستخدامه هذه المنظومة، يستطيع وضع موسيقى الأفلام السينمائية والتلفزيونية والأغاني الشعبية - دون حاجة إلى الاستعانة بجوقة موسيقية أو أوركسترا.

## الجيتار الكهربائي

الصوت الذي يُحدثه الجيتار الكهربائي بذاته ضئيل نسبياً، لكنه بالكهرباء يُعزّز ويُضخّم. فإنباض الأوتار المعدنية يهزّها، وتتحول هذه الذبذبات إلى إشارات كهربائية صغيرة في اللاقطات تحت الأوتار. وهذه الذبذبات بدورها تُضخّم وتُعالج لجعل صوت الجيتار واضحاً أو ضبابياً، غدياً ناعماً أو أجشّ خشناً.

## اختيار النماذج

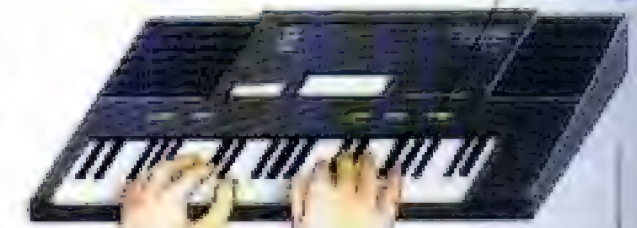
يُسجّل مُنتقى النماذج الأصوات الطبيعية ويُخزّن رَقْمِيّاً. وعند الاستعادة، يمكن تبديل الأرقام لتغيير ترددات الصوت الأصلي وبالتالي طبعته. وهكذا يستطيع مُنتقى النماذج تركيب سُلم موسيقي حتى من صوت كلب يتبح.



يُسْتَعَاد الصوت

بواسطة لوحة المفاتيح.

تُخزّن الأصوات رَقْمِيّاً في مُنتقى النماذج.



### لمزيد من المعلومات انظر

- الحواسيب ص ١٧٣
- قياس الصوت ص ١٨٠
- انعكاس الصوت وامصاصه ص ١٨٤
- الأصوات الموسيقية ص ١٨٦
- تسجيل الصوت ص ١٨٨



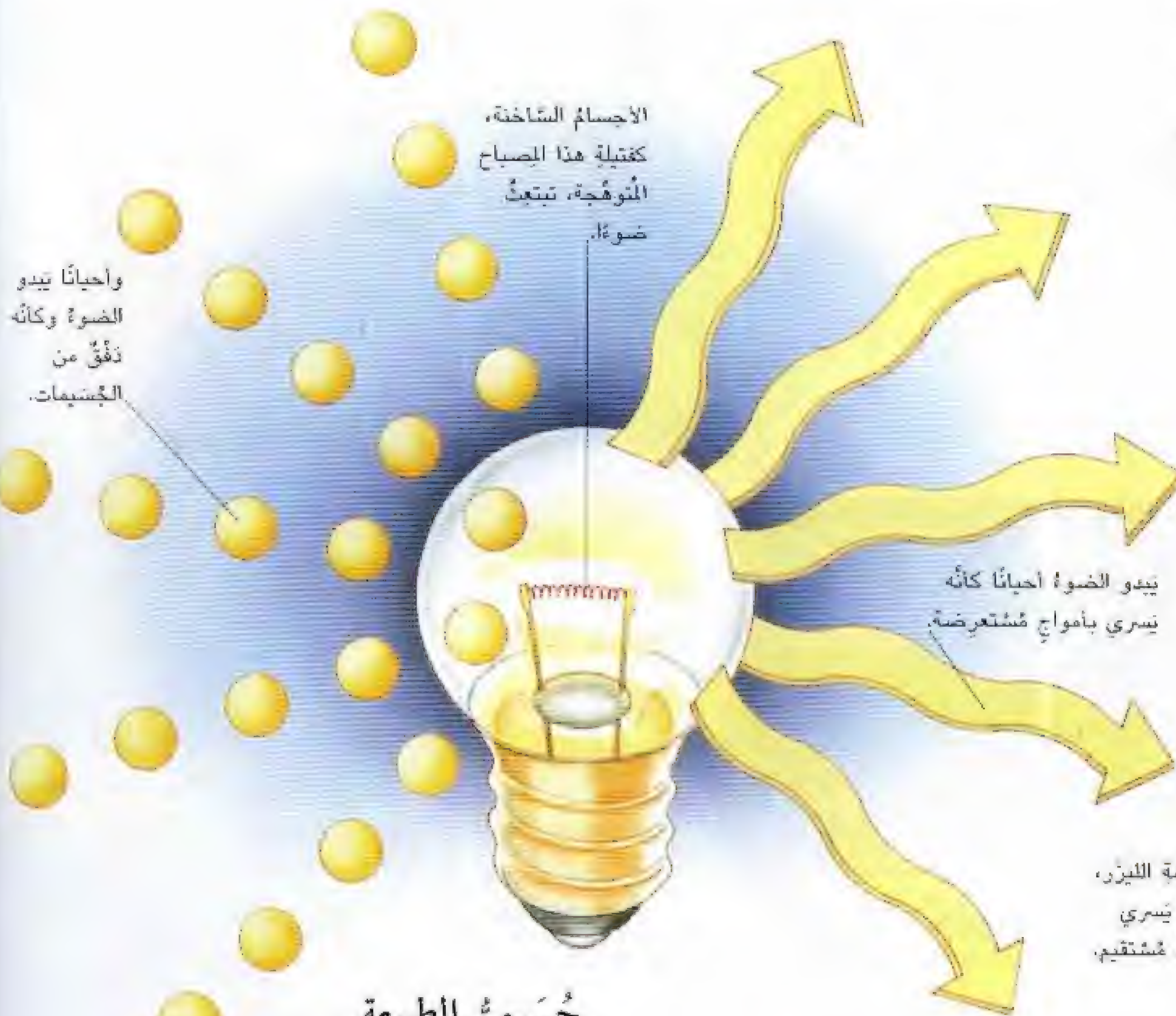
# الضَّوُّءُ

ما هو الضَّوُّءُ؟ إنَّه شيءٌ نَراه ونُفِيدُ منه يومياً، لكنَّه قَلَّمَا يُشْغَلُ تفكيرنا. وهو شكلٌ من أشكالِ الطَّاقة؛ فطاقةُ الشَّمْسِ هي مصدرُ القُدرةِ لِمُختَلِفِ الكائناتِ الحيَّةِ على الأرض. يَسْري الضَّوُّءُ بِسرعةٍ فائقةٍ جدًّا؛ فما أن تَفْتَحَ مِقلادَ المِصباحِ الكهربائيِّ حتَّى يَعمُرَ الضَّوُّءُ المكانَ، إذ يَسْري الضَّوُّءُ بِسرعةٍ ٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر في الثانية؛ وهي السُّرعةُ الحَدِيَّةُ الفُصوى في الكون، ولا شيءٌ يَستطيعُ تَجاوُزَها. أحياناً يَظْهَرُ الضَّوُّءُ كأنَّه ذو طَبيعةٍ مَوجِيَّةٍ؛ لكنَّه، بخلافِ أمواجِ الصوتِ والماءِ، يَنْتَقِلُ في الفراغِ أيضاً؛ وأحياناً يَبدو الضَّوُّءُ وكأنَّه دَفْقٌ من الجُسيماتِ. يَنبَعثُ الضَّوُّءُ عادةً من الأجسامِ السَّاخنة - كالشَّمْسِ واللَّهبِ، لكن يُمكنُ توليدُه بِطَرَقٍ أُخرى أيضاً. فالكهرباءُ تَنبَعِثُ الضَّوُّءَ وكذلك بعضُ التفاعلاتِ الكِيميائيَّةِ - كِتَلِكِ التي تَحْدُثُ في الحُبابِ فتَجْعَلُها تَوهَّجُ في الظُّلْمَةِ.



## الطَّاقةُ الضَّوِّيَّةُ

يُمْكِنُكَ تَحْسُّسُ الطَّاقةِ الضَّوِّيَّةِ وأنْتَ تَشْمَسُ. فِضْوَ الشَّمْسِ يَدْفِئُ جَسْمَكَ وَيُحْدِثُ في جِلْدِكَ تَفاعُلاتٍ كِيميائيَّةً تُسَفِّعُه وتَلْفَحُه. إنَّ كَمِّيَّةَ الضَّوِّءِ السَّاقِطِ على مَترٍ مُربَّعٍ واحدٍ من سَطْحِ الأرضِ يُمْكِنُها تَشْغِيلُ عَشْرَةِ مِصابيحٍ كَهربائيَّةٍ. ومُحَطَّاتُ القُدرةِ الشَّمْسيَّةِ تُسَخِّرُ هذه الطَّاقةَ بِاسْتِخدامِ مَرايا لِتَركِيزِ أشْعةِ الشَّمْسِ في مُستَقْبَلٍ مَركَزيٍّ يُحوِّلُ الماءَ إلى بَخارٍ؛ وهذا بِدَوْرِهِ يُسْتَخْدَمُ في توليدِ الكَهرباءِ.



## جُسيمِي الطَّبيعةِ أم مَوجِيَّها؟

إِعتَقَدَ إسْحقُ نِيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧) أنَّ الضَّوُّءَ يتألَّفُ من جُسيماتٍ مِجهريَّةٍ تُشَبِّهُ كُرَاتِ البِلَّيَّارِ الدَّقِيقَةِ. فيما اقترحَ الرِّياضيُّ الهولَنديُّ، كَريستِيان هِيْجَنز (١٦٢٩-١٦٩٥) أنَّ الضَّوُّءَ حَرَكةٌ مَوجِيَّةٌ كَأمواجِ الصوتِ أو الماءِ. أمَّا نَظَريَّةُ الكَمِّ الحَدِيثَةُ فَتُعلِّلُ خواصَّ الضَّوِّءِ المَوجِيَّةَ، في بعضِ الحَالاتِ، وخواصَّه الجُسيمِيَّةَ في حَالاتٍ أُخرى بِطَبيعَتِهِ المُزدوِجَةِ.



## الانْعِكَاسُ والانكِسارُ

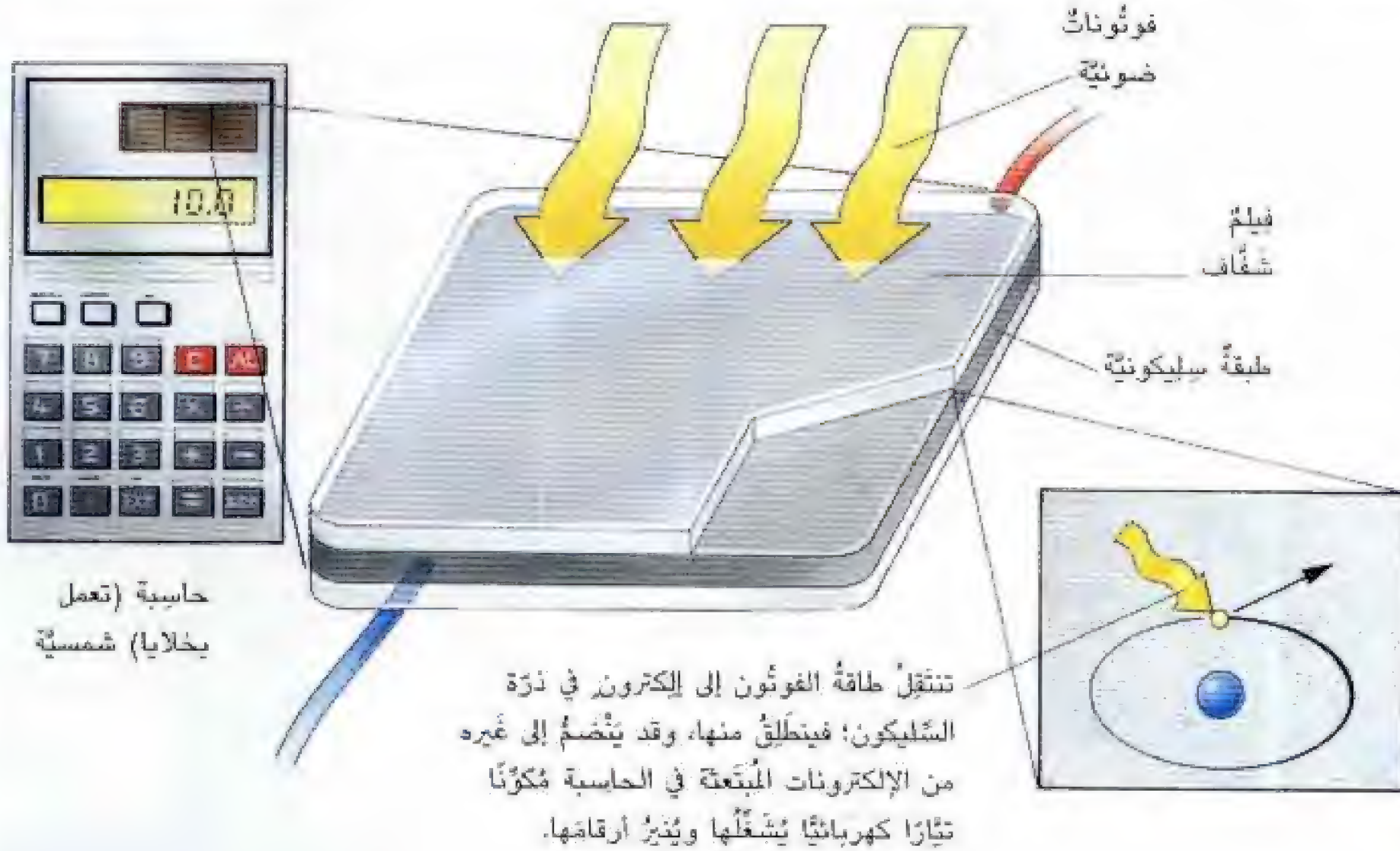
يَسْري الضَّوُّءُ في الفراغِ بِخَطِّ مُستَقِيمٍ، لكنَّه يَنحَرِفُ، مُعَبِّراً إِنْجَاهَهُ، عَندَما يَنْتَقِلُ من وَسْطٍ شَفَّافٍ إلى أُخرى. بعضُ السَطُوحِ، كَالْمِرايا، يَعمُرُ الضَّوُّءَ كما تَرْتَدُّ الكُرَةُ من سَطْحٍ صُلْبٍ. أمَّا المَوادُّ الأُخرى، كَالماءِ والرُّجَاجِ، فَتَكمُرُ الحَزَمَ الضَّوِّيَّةَ، مُبْطِلَةً سُرْعَتَها ومُغَيِّرَةً اتِّجاهَها قَلِيلاً، عَندَ انْتِقالِها إِلَيْها من الهَواءِ.

تَنكسرُ حَزَمَةُ اللِيزَرِ عَندَ انْتِقالِها كُتْلَةً رَجاويَّةً، فَيَنحَرِفُ مَسارُها عَندَ انْتِقالِها من الهَواءِ إلى الرُّجَاجِ.



## الظَّاهِرَةُ الكَهْرَضَوِيَّةُ

أشعة الضوء الساقطة على فلز، ذي خاصية كهروضوئية، تبتعث بعض الإلكترونات من ذرات ذلك الفلز. ونستخدم هذه الظاهرة الكهروضوئية في الخلايا الشمسية التي تُمد الحاسبة الإلكترونية الشمسية بكهرباء تولدها من الضوء. إن زيادة شدة الضوء لا تزيد سرعة الإلكترونات المبتعثة، بل تزيد عددها. وذلك يمكن تعليله فقط باعتبار الضوء رزمًا صغيرة من الطاقة الضوئية تدعى فوتونات. فعندما يصدم الفوتون ذرة تتقبل طاقته إلى أحد إلكترونات الذرة فينتقل، مبتعثًا، منها. وبأزدياد الفوتونات تزداد الإلكترونات المبتعثة (المنطلقة) من الذرة.



حاسبة (تعمل بخلايا) شمسية

## نظرية الكم

الفيزيائي الألماني، ماكس بلانك (١٨٥٨-١٩٤٧)، كان أول من أرتأى أن الضوء ليس موجي الطبيعة فقط ولا جسيمي الطبيعة فقط، بل إن له خصائص طبيعتين. وقد وسع ألبرت أينشتين هذه النظرية فيما بعد - معتبرًا انعكاس الضوء وانكساره وانعراجة، مظهرًا لطبيعته الموجية بترددات وأطوال موجية، كأموج الصوت. أما ظاهرة ابتعاث الذرات وامصاصها للضوء فمظهر لكون الضوء وفقًا من الجسيمات تُعرف بالفوتونات؛ كل منها يحمل كمية معينة من الطاقة. وهذا هو مُجْمَلُ نظرية الكم.



## الحَيُود والتداخل

إذا عبرت الحزمة الضوئية شقًا ضيقًا فإنها تتصرف قليلًا عند حافته وتتشتت. وكلما ازداد تضيق الشق، يتسع الانتشار، ويُعرف هذا بالحَيُود (أو الانعراج). يمكنك مشاهدة هذه الظاهرة إذا خزرت (ضيقت) عينيك نظرًا إلى مصابيح الشارع عبر أهداب أجفانك. إذا تراكبت حزمتان متعرجتان فالنمط الذي تُكوّنه لا يمكن تعليله إلا باعتبار الضوء أمواجًا من دُرى وبُطون. فحيث تتلافى (وتتطابق) دُرونان (أو بطنان)، تظهر بقعة نيرة؛ أما حيث يلتقي بطن مع دُروة فإنهما يلغيان واجدهما الآخر، فتظهر بقعة مظلمة؛ ويُعرف هذا بالتداخل.



تتلقى الذرة طاقة «تستثير» أحد إلكتروناتها لينتقل إلى مستوى طاقي أعلى.



الضوء من المصدر ينعكس على المرآة عائدًا مُباشرة من بُعد ٩ كم.

## سرعة الضوء

يسري الضوء بسرعة فائقة جدًا بحيث لا يمكن قياس زمن أيقاله بأي ساعة عادية. لكن الفيزيائي الفرنسي، آرمان إيبوليت فيزو (١٨١٩-١٨٩٦)، حقق قياسًا عمليًا لسرعة الضوء عام ١٨٤٩. فقد أرسل حزمة ضوئية عبر أسنان دولاب مُسنن نحو مرآة على بُعد ٩ كم؛ وسرع دوران الدُولاب حتى أمكن مشاهدة حزمة الضوء المنعكسة عبر فجوات الأسنان دون انقطاع. فأدرك فيزو أن الضوء قد سري نحو المرآة وعاد منها في الوقت الذي استدار فيه الدُولاب سبًا واحدة.

يُدَوَّم الدُولاب المُسنن بسرعة فائقة بحيث إن حزمة الضوء المنطلقة نحو المرآة من فجوة بين سنين تعود عبر الفجوة التالية.

يسرع المراقب دوران الدُولاب حتى يرى حزمة الضوء متواصلة.

مصدر الضوء

## لمزيد من المعلومات انظر

- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الصوت ص ١٧٨
- الظيف الكهريمغناطيسي ص ١٩٢
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- الانعكاس ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦
- الضوء والمادة ص ٢٠٠



# الطِّيفُ الكَهْرِمَغْنَطِيسِيّ

كما يتَّيَقَلُّ الضَّوُّ أمواجًا، كذلك أشكالُ الطاقة الأخرى بما فيها الأمواجُ الراديويَّةُ والصُّغْرِيَّةُ (الميكرونيَّة) وفوق البنفسجيَّة؛ وهي كُلُّها أمواجٌ كَهْرِمَغْنَطِيسِيَّةٌ تُؤَلَّفُ في مُجْمَلِها ما يُدعى الطِّيفُ الكَهْرِمَغْنَطِيسِيّ. إنَّ ألوانَ قَوْسِ قُزَحٍ هي الجزءُ الوحيدُ المرئيُّ في هذا الطيف، فكلُّ الأمواج الأخرى غيرُ مرئيَّة. إنَّ جميعَ هذه الأمواج تَسْرِي بِسُرْعَةِ الضَّوِّ، لكنَّ كُلَّ مجموعةٍ منها لها أطوالٌ مَوْجِيَّةٌ مُخْتَلِفَةٌ، وتحْمِلُ كَمِّيَّاتٍ مُتبايِنَةً من الطاقة. فالأمواجُ دُونَ الحمراء والأمواجُ الصُّغْرِيَّةُ والراديويَّةُ أطولُ أمواجًا من الضَّوِّ المرئيِّ وتحْمِلُ طاقةً أَقَلَّ منه. أمَّا الأشعَّةُ فوق البنفسجيَّةُ والأشعَّةُ السَّيْنِيَّةُ وأشعَّةُ جاما فأطوالُها المَوْجِيَّةُ أَقْصَرُ من الضَّوِّ المرئيِّ وتحْمِلُ طاقةً أَكْثَرَ منه.

## أشعَّةُ جاما

أشعَّةُ جاما شديدةُ الإخْطِافِ وهي تحْمِلُ كَمِّيَّاتٍ كبيرةً من الطاقة بحيثُ تُتْلَفُ الخلايا الحيَّةُ إذا مرَّتْ بِعَبْرِها. تُنْتَجُ أشعَّةُ جاما من نوى الذرَّات الإشعاعيَّة في التفاعلات والانفجارات النوويَّة.

الشَّمْسُ مُصَدِّرٌ للأمواج الكَهْرِمَغْنَطِيسِيَّةِ.



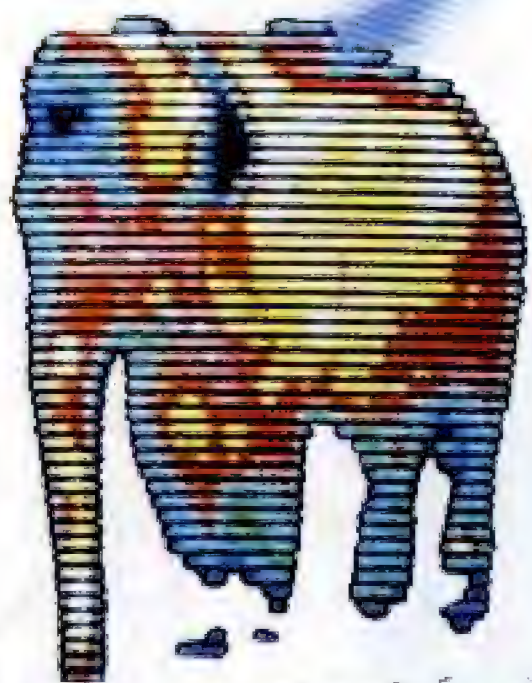
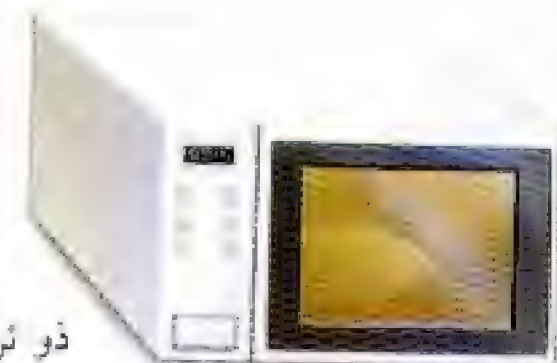
## الأمواجُ الراديويَّةُ

تتراوَحُ الأطوالُ المَوْجِيَّةُ للأمواج الراديويَّةُ المُسْتَخْدَمَةِ في البَثِّ الإذاعيِّ والتِّلْفِيزِيونيِّ بين مئات الأمتار ويَضَعُ عشرات من السَّتِيمات. وهناك غِلاَقَةٌ وثيقَةٌ بينَ حَجْمِ الهوائيِّ اللَّازِمِ لِإِيقَاطِ الإشاراتِ الراديويَّةِ (اللاسلكيَّة) وبينَ الطولِ المَوْجِيِّ.

الضَّوُّ المرئيُّ هو الجزءُ الوحيدُ من الطيف الكَهْرِمَغْنَطِيسِيّ الذي يُمكنُ رُؤْيُته.

## الأمواجُ الصُّغْرِيَّةُ

الأمواجُ الصُّغْرِيَّةُ أَقْصَرُ الأمواجِ الراديويَّةِ، وهي تُسْتَخْدَمُ في إرسالِ إشاراتِ الرادار. بعضُ الأمواجِ الصُّغْرِيَّةِ ذو تردِّدٍ مُساوٍ لتردِّدِ جُزَيئاتِ الماء، فيمكنُ اسْتِخدامُ هذه الأمواجِ في إنْضَاجِ الطعامِ الرُّطْبِ، إذ تَحْوَلُ طاقتها إلى حرارةٍ تَجْذِبُ جُزَيئاتِ الماء.



## الأمواجُ فوق البنفسجيَّةُ

يَحْوِي ضوُّ الشَّمْسِ أشعَّةً فوق بنفسجيَّةً والكَمِّيَّاتُ القليلةُ من هذه الأشعَّة مُفِيدَةٌ لنا، لكنَّ الكَمِّيَّاتِ الكبيرة منها قد تُؤْذِي عُيُونَنَا، وتُسَبِّبُ سَرَطَانَ الجِلْدِ. وهذه الأمواجُ هي التي تُسْفَعُ الجِلْدُ وتَكْسِبُهُ سُمْرَةً بَرُونِيَّةً.

## جيمس كلارك ماكسويل

وَضَعَ الفيزيائيُّ الإسْكَوتْلَنْديُّ، جيمسُ كلارك ماكسويل (١٨٣١-١٨٧٩)، مُعَادَلَاتٍ في الكهربية والمَغْنَطِيسِيَّةِ تُقَسِّرُ ظواهرَ الأمواجِ الكَهْرِمَغْنَطِيسِيَّةِ قبلَ أَكْشافِها. فبعدَ حوالي ١٥ عامًا من نُشْرِ تلك المُعَادَلاتِ استطاعَ هِنْرِيخُ هِرْتِزُ إنتاجَ الأمواجِ الراديويَّةِ (اللاسلكيَّة) وتعرُّفُها لِلْمَرَّةِ الأولى.



## الأمواجُ دُونَ الحمراء

تُنتَجُ جميعُ الأجسامِ الدَّافئةِ أشعَّةٌ دُونَ الحمراء. وتُسْتَخْدَمُ هذه الأشعَّةُ في أَلْيَاقِ صُورِ فُوتوغرافيَّةٍ خاصَّةٍ، تُدعى صُورًا حراريَّةً، يُبَيِّنُ كُلُّ لَوْنٍ فيها درجةَ حرارةٍ جِلْدِيَّةٍ مُخْتَلِفَةٍ تتراوحُ بينَ الأصْفَرِ (أحماها) والأَزْرَقِ (أبردها).

## لمزيد من المعلومات انظر

النشاط الإشعاعي  
(الفاعلية الإشعاعيَّة) ص ٢٦  
البُلُورات ص ٣٠  
الرَّادِيُو ص ١٦٤  
التِّلْفِيزِيُون ص ١٦٦  
حقائق ومعلومات ص ٤١٢



## مَصَادِرُ الضَّوْءِ

كُلُّ جِسْمٍ فِي الكَوْنِ يَبْتَعِثُ أمواجًا كهْرَمَغْنَطِيْسِيَّةً - من النُّجُوم إلى الشَّجَر حتَّى الأجسام البشريَّة. هذه الأمواج غير مرئيَّة في معظم الأوقات والحالات لأنَّ تردُّداتها أقلُّ من تردُّدات الضَّوء المرئيِّ. لكنَّ إذا سُخِّنَ الجِسْمُ تدريجيًّا، يَزْدَادُ تردُّدُ الإشعاعاتِ، فتُصْدِرُ ضوئًا مرئيًّا. تبدأ الأجسام بالتوهُّج الأحمر الباهت على درجة ٥٠٠° س، ويُصْبِحُ التَّوهُّجُ بُرْتَقَالِيًّا ناصعًا على درجة ٢٠٠٠° س، ويبلُغُ دَرَجَةَ الإبيضاض على ٥٠٠٠° س، مُبْتَعِثًا جميع ألوان الطِّيف المرئيِّ. لكنَّ إصدار الضَّوء ليس مقصورًا على الأجسام الساخنة فقط، فالتَّيارُ الكهربائيُّ المارُّ عَبْرَ غازٍ يُشِيرُ إلكترونيَّاته التي تُطلَقُ لاجئًا طاقتها الإضافيَّة ضوئًا. والكيمائيَّات قد تُصْدِرُ الضَّوءَ أيضًا، فأنماط التوهُّج على طول أجسام بعض أسماك الأعماق تُنتِجُ عن تفاعلات كيميائيَّة.



صَمَّجَة إِدِيْسُون

صنَّع المُخْتَرَعُ الأمريكيُّ، توماس إديسون (١٨٤٧-١٩٣١)، أوَّلَ صَمَّجَة كهربائيَّة عمليَّة عام ١٨٧٩. فقد مرَّ تيارًا كهربائيًّا عَبْرَ فتيلة كربونيَّة بداخلها، لإحماؤها، فتوهَّجت بِضَوءٍ لافِت. وتحوي الصَّمَّجات الحديثة فتائل من التنجستن تُسخَّن إلى درجة تُقارب ٣٠٠٠° س.

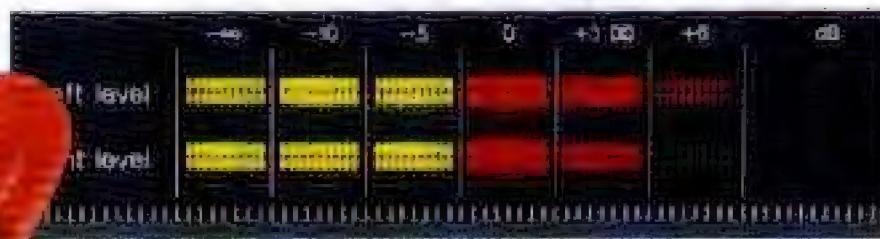


## المِظْلِف (السيكترومتر)

المُوسِرُ الرُّجَاجِي يُحَرِّفُ اتِّجَاهَ ألوان الضَّوء المُخْتَلِفَةِ بِكَمِّيَّاتٍ مُتَفَاوِتَةٍ؛ وبذلك يُحَلِّلُ المِزِيجَ الضَّوئِيَّ إلى طيف. ويُسْتَخْدَمُ المِظْلِفُ (مقياسُ الطِّيف) مُوسِرًا يُفَرِّقُ الضَّوءَ، من مُصْدِرٍ ضوئيٍّ، إلى طيف. وتُحدَّدُ أطوالُ الضَّوءِ المَوْجِيَّةِ في الطِّيفِ ماهيَّةُ العنَاصِرِ المُتَوَاجِدَةِ في المُصْدِرِ.

## الدَّائِيُودَاتُ الضَّوْءِيَّةُ

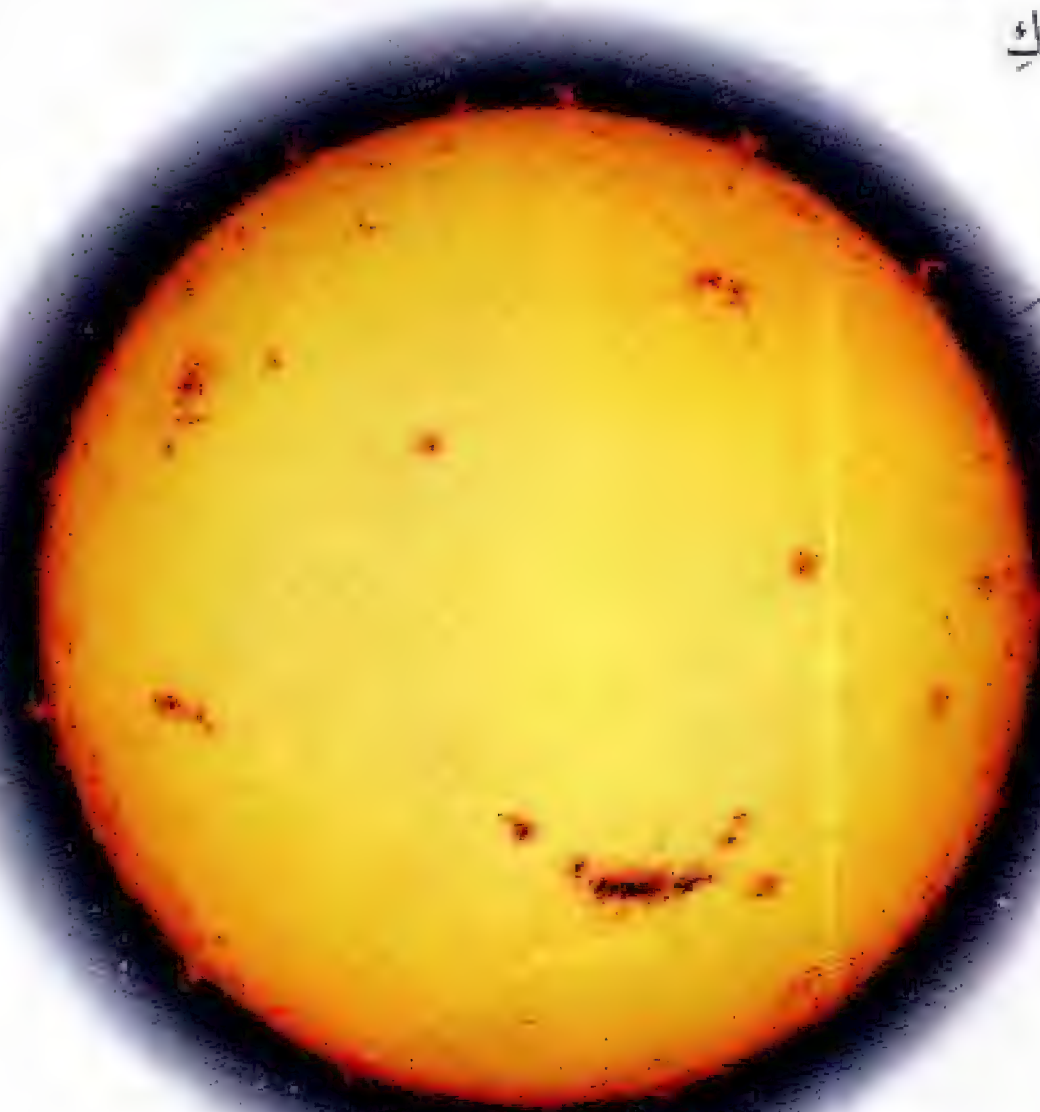
يُمكنُها إنتاجُ الضَّوءِ الأحمرِ والبُرْتَقَالِيِّ والأصفرِ والأخضرِ.



تُسْتَخْدَمُ الدَّائِيُودَاتُ الضَّوْءِيَّةُ أحيانًا في أَطْرَ عَرْضِ الحاسباتِ وسُجَلَاتِ النُّقْدِ والسَّاعاتِ الرُّقْمِيَّةِ.

## الدَّائِيُودَاتُ الضَّوْءِيَّةُ

يحوي الكثير من الأنظمة الحديثة العالية الأمانة أَطْرَ عَرْضِ من الدَّائِيُودَاتِ الضَّوْءِيَّةِ. وهذه تحوِّلُ الطَّاقَةَ الكهربائيَّةَ إلى طاقَةٍ ضوئيَّةٍ - فتَبْتَعِثُ ضوئًا عندَ مُرُورِ تيارٍ عَبْرَها. وهذه الدَّائِيُودَاتُ صغيرةُ الحجم، تستهلك تيارًا قليلًا جدًّا، وتدومُ طويلًا بالمُقارَنة مع الصَّمَّجات ذات الفتائل.



## الطِّيفُ الشَّمْسِيّ

تبلُغُ درجة حرارة سَطْحِ الشَّمْسِ ٥٥٠٠° س؛ وتَبْتَعِثُ جميع ألوان الطِّيفِ المرئيِّ على هذه الدَّرَجَةِ. لكنَّ الذَّرَّاتِ في الطبقات الخارجية الباردة من جَوِّ الشَّمْسِ تمتصُّ تردُّدات مُعَيَّنَةً من الضَّوءِ المارِّ عَبْرَها - فمِمَّا يُحْدِثُ خُطُوطًا مُظْلِمَةً في الطيف الشَّمْسِيّ تُعْرَفُ بِخُطُوطِ فراونهُوفر.

تُنتِجُ الغازاتُ المُخْتَلِفَةُ أضواءً مُخْتَلِفَةً الألوان. فالنَّيُونُ مثلاً، يَبْتَعِثُ دافئًا ضوئًا أحمرًا.



## أضواء النيون

الأنبوبُ الرُّجَاجِيُّ المملوءُ بالغاز يُصْدِرُ ضوئًا عندما يسري خلاله تيار كهربائي. ويحدث ذلك ليس لأنَّ الغاز ساخن، بل لأنَّ إلكترونيات الغاز تُعْطِي طاقَةً تَفْقِدُها لاحقًا بِإِتِّعَانِها ضوئًا.

مواقع خُطُوطِ فراونهُوفر تُبيِّنُ العنَاصِرَ المُتَوَاجِدَةَ في جَوِّ الشَّمْسِ.

## غوستاف كيرتشفوف

الفيزيائيُّ الألمانيُّ، غوستاف كيرتشفوف (١٨٢٤-١٨٨٧)، درسَ الأطياف الضوئيَّةَ بِمِظْلِفِ (سيكترومتر) طَوَّرَهُ بِمُعاوَنَةِ الكيمائيِّ روبرت بَرْن. وقد لاحظ أنَّ الذَّرَّاتِ والجُزْئِيَّاتِ المُتَفَرِّدَةَ تَبْتَعِثُ ألوانًا مُعَيَّنَةً فقط عندَ تَسْخِينِها. وبذلك أدرك أنَّ كُلَّ عُنْصُرٍ يُنتِجُ طيفًا مُتَمَيِّزًا من الخُطُوطِ المُلوَّنةِ يُمكنُ تحديدهُ هُويَّتُهُ بِهِ.



## لمزيد من المعلومات انظر

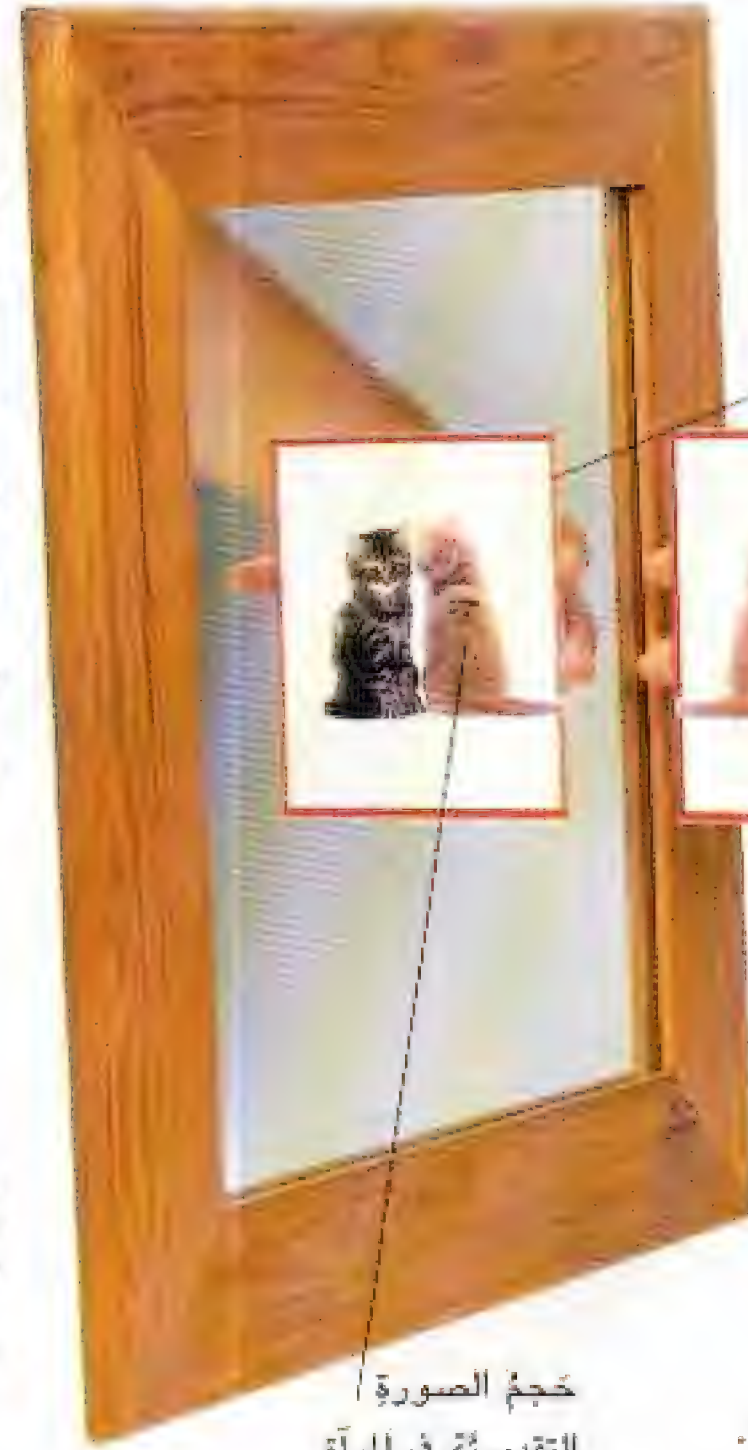
- الغازات الثبيلة ص ٤٨
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- موارد الكهرباء ص ١٦٠
- الألوان ص ٢٠٢



# الانعكاس

نرى بعض الأشياء لأنها مُضيئة بذاتها - كالشمس أو صَمَجَة النور؛ أمّا الأجسام غير المُضيئة فتراها بالضوء المُنعكس، أي بأشعة الضوء المُرتدة عنها. فنحن نرى القمر لأنه يَعرِكُ ضوء الشمس. الغازات، على العموم، غير مرئية لأنها، برقة قوامها المُفرطة، لا تستطيع من الضوء ما يكفي لرؤيتها؛ أمّا السوائل والجوامد فترى بوضوح. يعتمد مظهر الجسم المرئي على كمية الضوء التي يعكسها وعلى نسجة سطحه؛ فالسطح الأبيض المليس مثلاً، يعكس النور أكثر من سطح داكن خشن. أمّا السطح الذي لا يعكس أي ضوء فيبدو أسود.

صورة الجسم في المرآة  
المستوية مقلوبة يمين يسار.  
وهذا يعني أن جانب الجسم  
الأيمن يُصبح الجانب الأيسر  
للصورة.



## الصورة المرآوية

هل لاحظت أن بُعد صورة الجسم في المرآة المستوية (المسطحة) خلفها مساو لبُعد الجسم أمامها؟ إن هذه الصورة ليست صورة حقيقية؛ فالواقع أن مصدر الضوء ليس من خلف المرآة، بل هو ضوء ينعكس من سطحها إلى أعيننا كأنه أت من جسم في موقع الصورة تماماً. لذا نسمي مثل هذه الصورة صورة تقديرية.

حجم الصورة  
التقديرية في المرآة  
المستوية مماثل تماماً  
لحجم الجسم.

مصدر  
ضوئي

## انعكاس مرآوي

الضوء ينعكس من السطح المستوي  
بزوايا مُحددة، فالانعكاس  
المرآوي لحزمة ليزرية يكون  
بقعة ناصعة على الستارة.

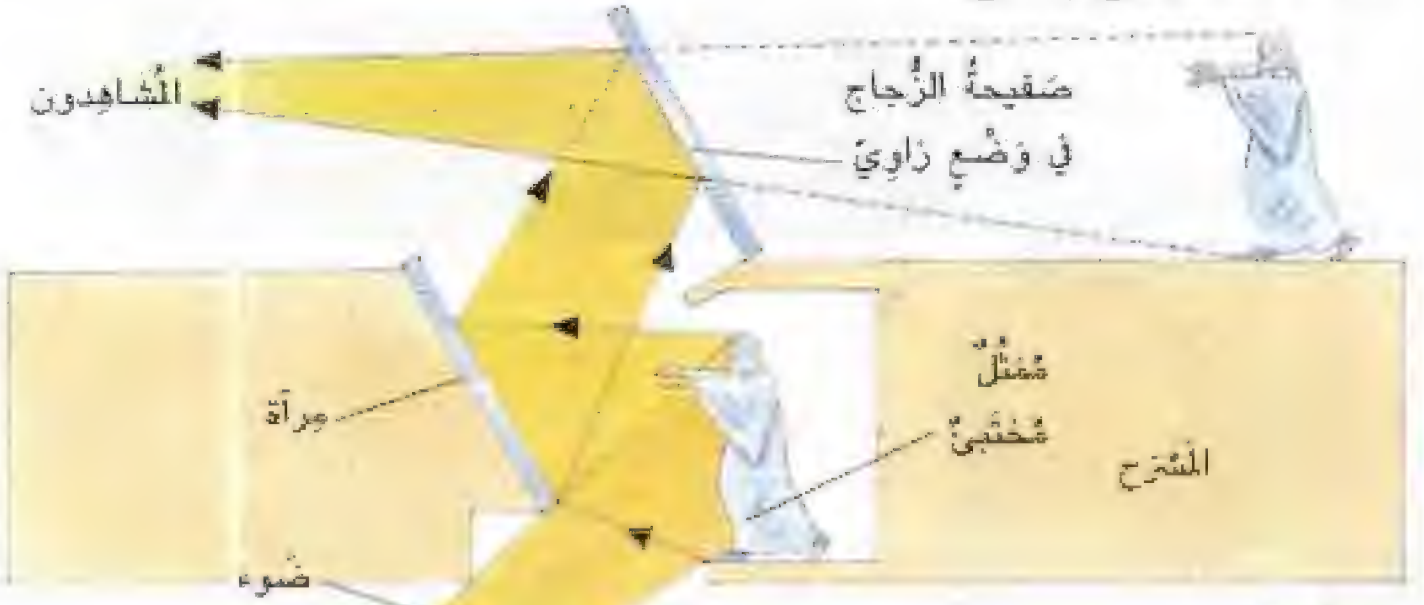
صورة مُنعكسة مصدر ضوئي



## مرايا مزدوجة الاتجاه

تعكس الصفيحة الزجاجية حوالي 5% من كمية الضوء الساقط عليها، وتنفذ الـ 95% الأخرى. وإذا كانت الإضاءة

متماثلة الشدة في كلا جانبيها، تبدو الانعكاسات ضعيفة. أمّا إذا كان أحد الجانبين ساطعاً والإضاءة الأخرى مُظلمة، فيبدو الجانب اللّير كالمرآة، إذ لا يوجد ضوء نافذ يظلي على الانعكاس. فالتاس في الجانب اللّير يرون انعكاسات أنفسهم كما في مرآة. أمّا الناس في الجانب المُظلم فيرون الجانب الآخر، بالضوء النافذ، عبر صفيحة الزجاج بوضوح.



## طيف شبحي

استُخدمت المرايا المزدوجة الاتجاه في مسارح القرن التاسع عشر لعرض صور شبحية. فكان الضوء المُسقط على مُمثل مُختبئ ينعكس على مرآة مائلة نحو صفيحة زجاجية كبيرة مُوازية، ومنها نحو المسرح. فحين يكون المسرح مُعتماً لا يرى المشاهدون الصفيحة الزجاجية، بل يرون أمامهم شبحاً يظهر ويختفي!

انعكاس  
مرآوي

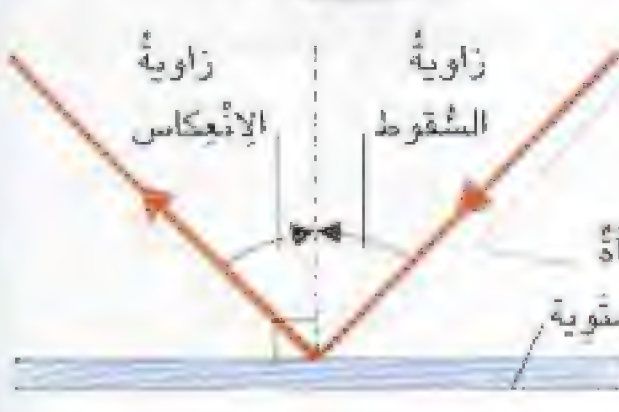
انعكاس  
انتشاري

## الانعكاس الانتشاري

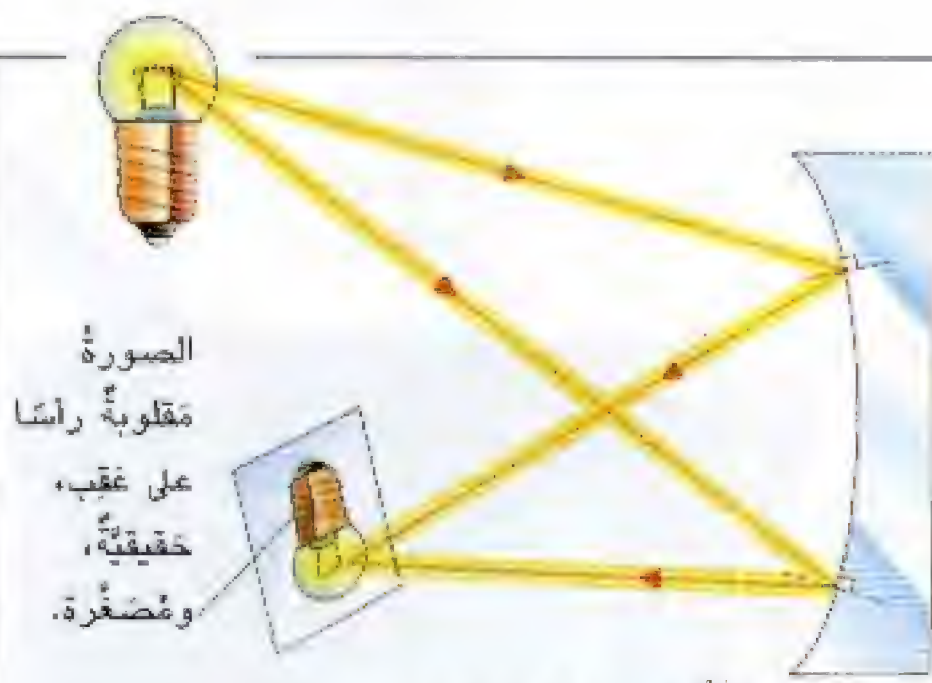
السطوح الخشنة تعكس الضوء  
مُتشتراً - أي مُستطيراً في جميع  
الاتجاهات. فالانعكاس الانتشاري  
لحزمة ليزرية يُنتج رُقعة  
ضوئية مُشوشة على الستارة.

## هندريك لورنتز

استخدم الفيزيائي الهولندي، هندريك لورنتز (1853-1923)، نظرية جيمس كلارك ماكسويل عن الأمواج الكهرومغناطيسية لشرح كيفية انعكاس الضوء. فأرنا أن الإلكترونات تمتص الطاقة الضوئية ثم تبعثها ثانية بزوايا جديدة. وتؤكد نظرية لورنتز هذه قانون الانعكاس الذي ينص على أن زاوية الانعكاس تساوي زاوية السقوط (أو الورود).



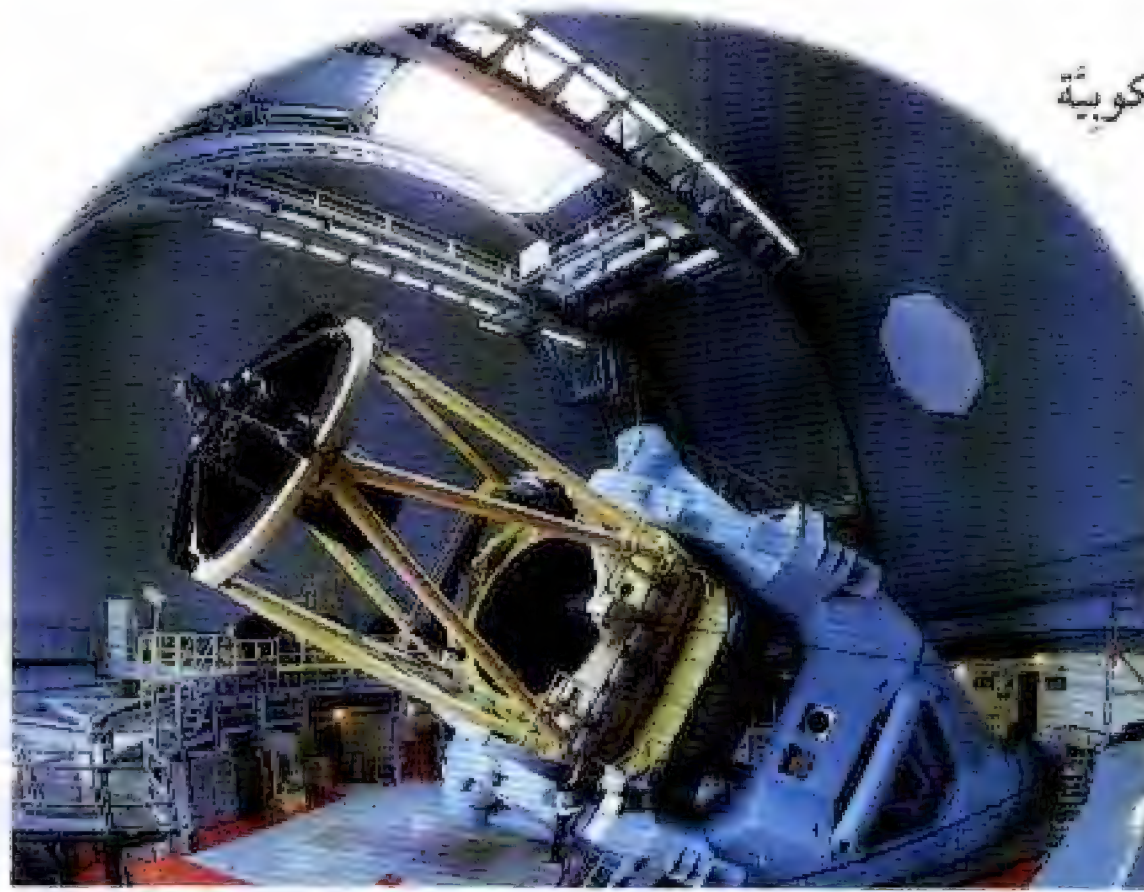




الصورة  
مقلوبة رأساً  
على عقب،  
حقيقية،  
ومصغرة.

### صورة حقيقية في مرآة مقعرة

يمكن تركيز الضوء الوارد من جسم بعيد بمرآة مقعرة وعرض صورته، المقلوبة رأساً على عقب، على سبابة. ويعتمد حجم الصورة على المسافة بين الجسم والمرآة؛ فكلما اقترب الجسم من بؤرة المرآة يزداد حجم صورته.



### المرايا التلسكوبية

نستخدم أضخم التلسكوبات في العالم مرآة مقعرة كبيرة لجمع ضوء النجوم البعيدة؛ فتتجمع أشعة الضوء المتوازية وتتركزها في نقطة واحدة (تسمى البؤرة).

المرآة الرئيسية الكبيرة هي مرآة مقعرة يبلغ طول قطرها عدة أمتار.

الضوء المنعكس من المرآة المقعرة يوجه إلى مرآة أصغر تعكسه بدورها نحو الكاميرا لإنتاج صورة فوتوغرافية أو تلفزيونية.

### مرآة القيادة

مرآة القيادة مرآة محدبة، سطحها الضيق مقلوب إلى الخارج كقفا الملحقة. المرايا المحدبة تعكس الضوء لتنتج دائماً صوراً مصغرة وغير مقلوبة. وهذا مفيد إذا أردنا الحصول على مجال رؤية واسع كما في مرآة القيادة. بذلك يتمكن السائق من رؤية مدى أوسع وأشمل على جانبي السيارة، من مدى المرآة المستوية.



الأمواج المنعكسة تبدو كأنها آتية من نقطة خلف الحاجز.

حاجز

موجة  
منعكسة



### أمواج تقديرية

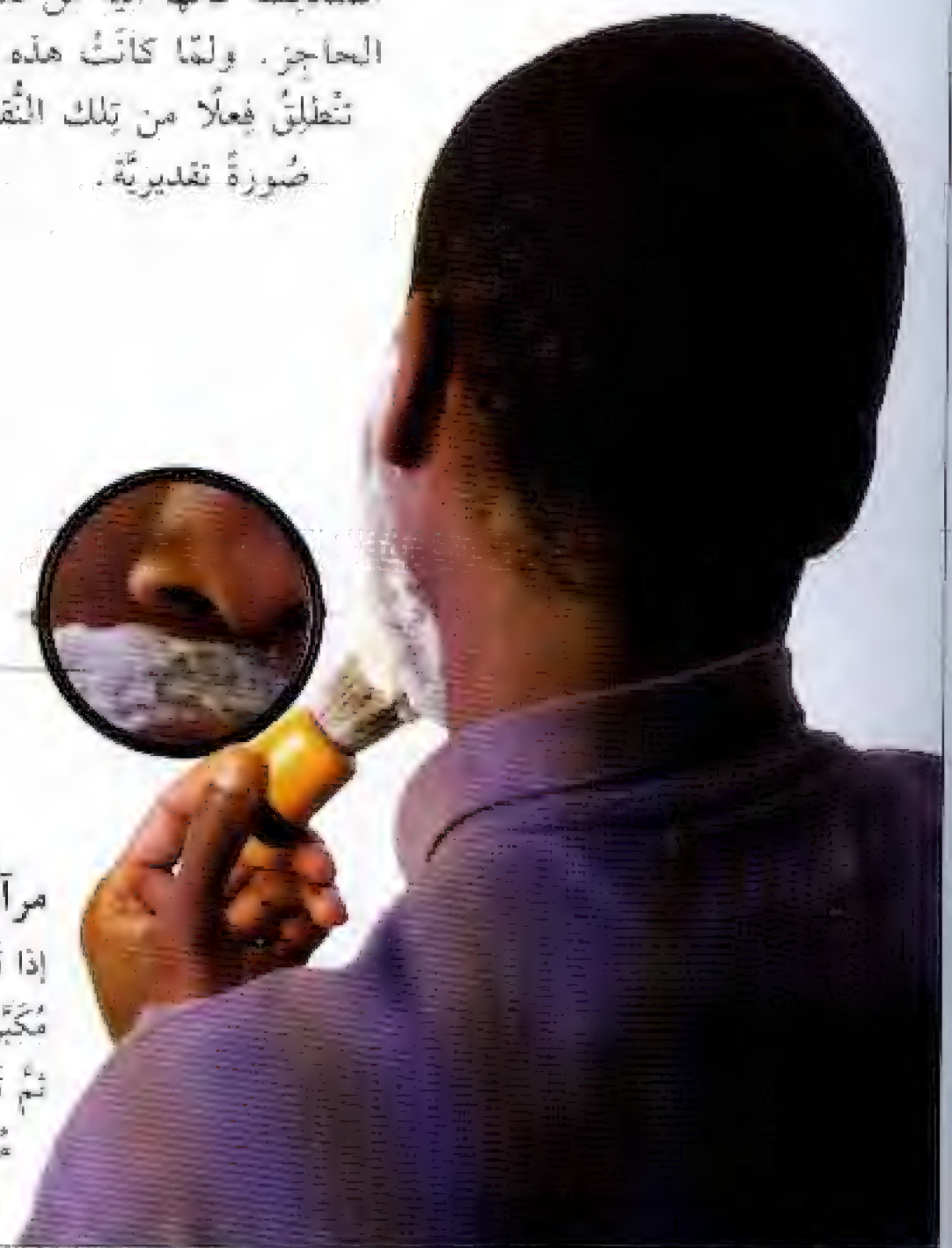
يمكن تمثيل الطريقة التي تنتج فيها مرآة مستوية صورة تقديرية بواسطة الأمواج المائية. افترض أن الحاجز مرآة مستوية. فعندما تصدمه الأمواج الدائرية ترتد عنه، فتبدو الأمواج المنعكسة كأنها آتية من نقطة خلف الحاجز. ولما كانت هذه الأمواج لا تطلق فعلاً من تلك النقطة، ندعوها صورة تقديرية.

### المرايا الطريفة

تكون مرايا المعارض المتباينة النقوس صوراً مشوهة قد تكون مخيفة ومسلية في الوقت نفسه. والحقيقة أن المرايا ذاتها هي المشوهة إذ نجعلها سطوحاً المتباينة التقعر والتحدب مرايا مقعرة، في مواقع - تجعل الأشياء أكبر، ومحدبة في مواقع أخرى - تجعل الأشياء تبدو أصغر من واقعها. فإذا ما وقفت أمام إحدى تلك المرايا الطريفة، فقد ترى لك جسماً طويلاً رفيعاً وساقين قصيرتين غليظتين، فيما تبدو أجزاء أخرى من جسمك مقلوبة رأساً على عقب.



الصورة غير  
مقلوبة، تقديرية،  
ومكبرة.



### مرآة الحلاقة

إذا قربت وجهك من مرآة مقعرة، يتعكس الضوء لينتج صورة مكبرة. لكن إذا ابتعدت عن المرآة، تصبح الصورة مضطربة ثم تظهر ثانية مقلوبة رأساً على عقب ومصغرة. يمكنك مشاهدة مختلف أطوار هذه الظاهرة في السطح المقعر للمعلقة الضيقة.

### لمزيد من المعلومات انظر

الطيف الكهرمغنطيسي ص ١٩٢  
العدسات ص ١٩٧  
الآلات البصرية ص ١٩٨  
الضوء والمادة ص ٢٠٠



# الانكسار

يَسْرِي الضَّوْءُ فِي خُطُوطٍ مُسْتَقِيمَةٍ؛ لَكِنْ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مَائِلاً مِنْ وَسْطٍ شَفَافٍ إِلَى آخَرٍ تَنْحَنِي أَشِعَّتُهُ، وَيُسَمَّى هَذَا الانحناءُ انكسارَ الضَّوْءِ. وَيُفَسَّرُ هَذَا لِمَ تَبْدُو قَشَّةُ الشَّرْبِ مُنْحَنِيَّةً فِي كُوبِ مَاءٍ عِنْدَ نُقْطَةِ دُخُولِهَا فِيهِ. وَيَحْدُثُ الانكسارُ نَتِيجَةً لِتَبَايُنِ سُرْعَةِ الضَّوْءِ فِي الْمَوَادِّ الشَّفَافَةِ الْمُخْتَلِفَةِ. أَوَّلُ مَنْ تَقَصَّى انكسارَ الضَّوْءِ رِياضِيًّا كَانَ الْعَالِمُ الْهُولَنْدِيُّ فِلِبْرورد سِنِل (١٥٩١-١٦٢٦). يَقِيسُ مُعَامِلُ الانكسارِ (وهو ثابت =  $\frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{\text{جيب زاوية الانكسار}}$ ) مِقْدَارَ انحناءِ حُرْمَةِ الضَّوْءِ عِنْدَمَا تَنْتَقِلُ مِنْ مَادَّةٍ إِلَى أُخْرَى. فَبالنِّسْبَةِ لِلْهَوَاءِ، مُعَامِلُ

الانكسار ١ للهواء، ١,٣ للماء وللزجاج ١,٥. فالضوء ينحني أكثر عند انتقاله من الهواء إلى الزجاج مما ينحني عند انتقاله من الهواء إلى الماء، لأنَّ سُرْعَتَهُ تُبْطَأُ أَكْثَرَ فِي الزُّجَاجِ.



تَبَدُّلُ الْإِتِّجَاهِ  
تَبَدُّلُ السَّرْعَةِ

عِنْدَمَا تَنْتَقِلُ دَوَالِيبُ الشَّاحِنَةِ بِزَاوِيَةٍ مُعَيَّنَةٍ مِنْ سَطْحٍ صُلْبٍ إِلَى أَرْضٍ رَطْبَةٍ مُعْتَوِشَةٍ تُبْطَأُ سُرْعَةُ الدَوَالِيبِ مِنْ جَانِبٍ وَاحِدٍ مُسَبِّبَةً انحناءً فِي مَسَارِ الشَّاحِنَةِ. وَهَذَا يُمَثِّلُ انكسارَ الضَّوْءِ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى الزُّجَاجِ.



## مُعَامِلُ الانكسار

تَنْكِسِرُ حُرْمَةُ اللَّيْزَرِ الْمُتَنَقِّلَةُ بِزَاوِيَةٍ مُعَيَّنَةٍ (هِيَ زَاوِيَةُ السُّقُوطِ) مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى كَثَلَةِ زُّجَاجِيَّةٍ لِأَنَّ سُرْعَةَ الضَّوْءِ فِي الزُّجَاجِ أَقَلُّ مِنْهَا فِي الْهَوَاءِ. وَيُحَدِّدُ مُعَامِلُ الانكسارِ الثَّابِتَ لِلْمَادَّةِ الْعِلَاقَةَ بَيْنَ السَّرْعَتَيْنِ. فِي هَذِهِ الْحَالَةِ، مُعَامِلُ الانكسارِ لِلزُّجَاجِ بِالنِّسْبَةِ لِلْهَوَاءِ هُوَ حَاصِلُ قِسْمَةِ سُرْعَةِ الضَّوْءِ فِي الْهَوَاءِ عَلَى سُرْعَتِهِ فِي الزُّجَاجِ.

## الْمِنْظَارُ الدَّاخِلِي

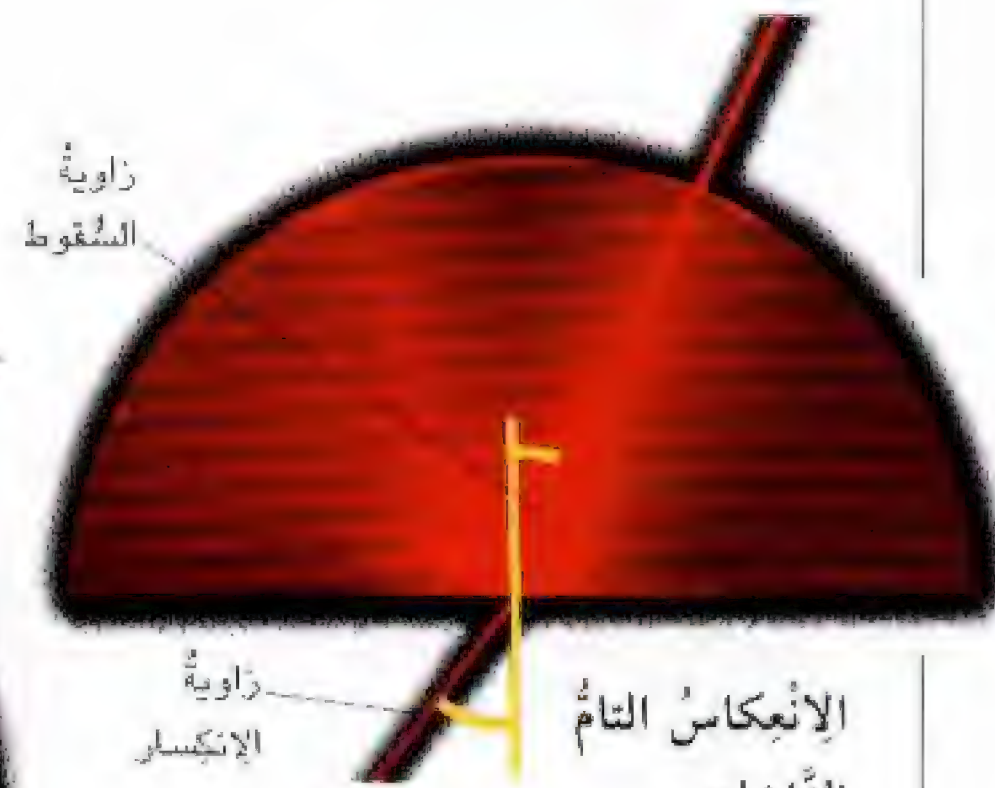
يُسْتَفَادُ مِنْ مَبْدَأِ الانعكاسِ التَّامِّ الدَّاخِلِيِّ فِي الْقُبِّ. فَالْمِنْظَارُ الدَّاخِلِيُّ، الْمَوْثُوقُ مِنْ رُزْمَةٍ مِنَ الْأَلْيَافِ الْبَصْرِيَّةِ الْمَرْتِنَةِ، يُسْتَخْدَمُ فِي تَنْظِيرِ دَاخِلِ الْجِسْمِ دُونَ الْحَاجَةِ إِلَى إِجْرَاءٍ عَمَلِيٍّ جِرَاحِيٍّ. يَسْرِي الضَّوْءُ مُقْتَنًى عَلَى قُلُولِ الْأَلْيَافِ بِالْانْعِكَاسَاتِ التَّامَّةِ الدَّاخِلِيَّةِ، فَيَسْتَطِيعُ الطَّبِيبُ إِدْخَالَ الْمِنْظَارِ عِبْرَ الْبُلْعُومِ وَالْمَرِيءِ لِيَفْحَصَ دَاخِلَ الْمَعِدَةِ.

كُلُّ لَيْفَةٍ هِيَ خَيْطَةٌ رَقِيعَةٌ مِنَ الزُّجَاجِ تُقْنِي الْحُرْمَةَ الضَّوئِيَّةَ بِالْانْعِكَاسِ التَّامِّ الدَّاخِلِيِّ حَتَّى وَلَوْ الثُّوْتِ أَوْ أَتَفَلْتُشَ.

زَاوِيَةُ السُّقُوطِ تُسَاوِي  
الزَاوِيَةَ الْخُرْجِيَّةَ.



زَاوِيَةُ  
السُّقُوطِ



## الانعكاسُ التَّامُّ الدَّاخِلِيُّ

يَتَبَيَّنُ فِي الْكَثَلَةِ الزُّجَاجِيَّةِ أَعْلَاهُ كَيْفِيَّةُ انكسارِ الضَّوْءِ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الزُّجَاجِ إِلَى الْهَوَاءِ فَيَزِيدُ سُرْعَتَهُ. فَإِذَا كَانَتْ زَاوِيَةُ السُّقُوطِ صَغِيرَةً، تَنْبَسِطُ حُرْمَةُ الضَّوْءِ بِزَاوِيَةٍ أَكْبَرَ؛ لَكِنْ مَعَ تَزَايُدِ مِقْدَارِ زَاوِيَةِ السُّقُوطِ (إِلَى الْيَسَارِ)، يَزِيدُ انكسارُ حُرْمَةِ الضَّوْءِ أَكْثَرَ فَأَكْثَرَ. وَعِنْدَمَا تَبْلُغُ زَاوِيَةُ السُّقُوطِ حَدًّا مُسَاوِيًّا لِلزَاوِيَةِ الْخُرْجِيَّةِ، لَا يَعُودُ الضَّوْءُ يَنْبَسِطُ مِنَ الزُّجَاجِ مُطْلَقًا - بَلْ يَتَعَكَّسُ دَاخِلِيًّا؛ وَيَعْرِفُ هَذَا بِالْانْعِكَاسِ التَّامِّ الدَّاخِلِيِّ.

## الْأَعْمَاقُ الْمُخْتَلِفَةُ

هَلْ لَحِظْتَ أَنَّ الْأَحْوَاضَ وَالْبِرْكَ هِيَ دَائِمًا أَعْمَقُ مِمَّا تَبْدُو؟ ذَلِكَ لِأَنَّ انكسارَ الضَّوْءِ الْمُتَنَقِّلِ مِنَ الْمَاءِ إِلَى الْهَوَاءِ يَجْعَلُ قَعْرَ الْحَوْضِ يَبْدُو أَقْرَبَ إِلَى النَّاظِرِ مِمَّا هُوَ عَلَيْهِ. يُمَكِّنُكَ مُشَاهَدَةُ هَذِهِ الظَّاهِرَةِ فِي كُوبِ الْمَاءِ أَعْلَاهُ. فَبِانكسارِ الضَّوْءِ يَبْدُو الزَّرُّ أَقْرَبَ إِلَى سَطْحِ الْمَاءِ.



يَخْدَعُنَا انحناءُ الضَّوْءِ بِرُؤْيَا الْأَشْيَاءِ فِي غَيْرِ مَوَاقِعِهَا. يَحْدُثُ الشَّرَابُ بِانكسارِ الضَّوْءِ فِي الْجَوِّ؛ لِأَنَّ سُرْعَةَ الضَّوْءِ أَزِيدُ فِي الْهَوَاءِ الْحَارِّ الْمُلَاصِقِ لِلْأَرْضِ مِنْ سُرْعَتِهِ فِي الْهَوَاءِ الْبَارِدِ الْأَعْلَى. فَيَنْكَسِرُ الضَّوْءُ فِي مَسَارِ مَقْوَسٍ، مُنْتَبِجًا صُورَةً زَائِفَةً لِحِجْمٍ بَعِيدٍ. وَالشَّرَابُ يَكْثُرُ فِي الصَّحَارَى حَيْثُ الْهَوَاءُ حَارٌّ جَدًّا.

هَوَاءٌ بَارِدٌ

هَوَاءٌ دَافِئٌ

تَبْدُو  
الصُّورَةُ هُنَا.

## لِزَيْدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الصَّوْتُ والضَّوْءُ ص ١٧٧  
الانعكاس ص ١٩٤  
الألوان ص ٢٠٢  
الابصار ص ٢٠٤  
حقائق ومعلومات ص ٤١٢



# الْعَدَسَات

إنحناء الضوء عند انتقاله من الهواء إلى الزجاج حقيقة يمكن الاستفادة منها. فالعدسات هي قطع من الزجاج أو اللدائن الشفافة مُشكَّلة خصيصًا لتركيز الضوء وتكوين الصور وتكبير أو تصغير مشهد يحني الضوء الساري عبرها. ويطرِدُ تَرَوِي العدسة باتجاه أطرافها، فقد تكون أسمك أو أرق في المركز منها في الأطراف. ويحدد شكل العدسة ما إذا كان انحناء الضوء المارَّ عبرها نحو نقطة وحيدة - هي بؤرة العدسة - أو بعيدًا عنها. وفي كلٍّ من عيني الإنسان عدسة طبيعية تُركِّزُ بها المشاهد، كما تفعل أنت الآن للتركيز على هذه الكلمات.



عدسة فريزيل

ابتكر الفيزيائي الفرنسي، أوغسطين فريزيل (١٧٨٨-١٨٢٧)، عدسة قوامها سلسلة من الحلقات الزجاجية. وهذه العدسات لا تصلح لتكوين الصور لأنها تشوه كثيرًا، لكنها جيدة جدًا لتركيز حزم الضوء. لذا تُستخدم غالبًا في المنارات والمصابيح الأمامية للسيارات وفي أجهزة الإسقاط.



العدسة المكبرة

تبدو الأجسام أكبر مما هي بكثير عندما ينظر إليها من خلال العدسة المحدبة في العدسة المكبرة. ويتبع مسار الأشعة الضوئية خلال العدسة تبيين كيفية إنتاجها صورة تقديرية مكبرة للجسم. ويعتمد مقدار التكبير على البعد البؤري للعدسة. فكلما قصر البعد البؤري، بأزدياد سماكة العدسة، تصبح العدسة أقوى.

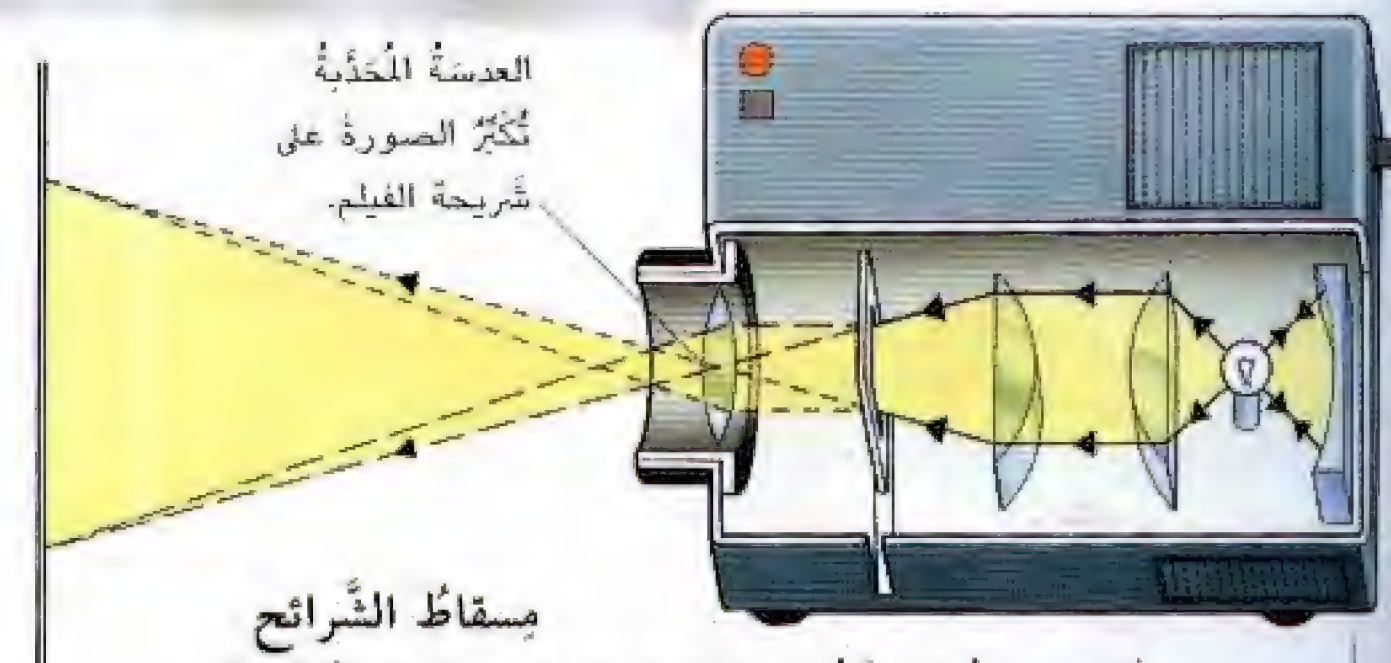
## لمزيد من المعلومات انظر

- المكتورات ص ١٠٠
- الزجاج ص ١١٠
- الآلات البصرية ص ١٩٨
- الإبصار ص ٢٠٤
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦



## العدسات المحدبة والمقعرة

العدسة الأسمك في وسطها منها في أطرافها عدسة محدبة. وهي تجمع أشعة الضوء المتوازية المارة عبرها وتركزها في نقطة هي بؤرتها. أما العدسة الأسمك في أطرافها منها في وسطها فهي عدسة مقعرة. وهي تفرق أشعة الضوء المتوازية المارة عبرها لتبدو كما لو أنها صادرة من بؤرة تقديرية في الجانب الآخر منها.



مسقاط الشرائح

تنتج العدسة المحدبة في جهاز الإسقاط صورة حقيقية مكبرة للشريحة. والصورة حقيقية لأن الضوء يمرُّ بها فعليًا، كما يمكن عرضها على ستارة. وهي مقلوبة (رأسًا على عقب)، لذا يجب وضع الشريحة الفيلمية مقلوبة في المسقاط كي تُعرض الصورة قائمة على الستارة.

## أنطوني فان ليونيهوك

المُجهِّز البدائي الذي صنعه الهولندي أنطوني فان ليونيهوك (١٦٣٢-١٧٢٣)، جعل دراسة البكتيريا وخلايا الدم أمرًا ممكنًا للمرة الأولى في تاريخ العلم. وقوام هذه البنية البسيطة عدسة قوية، شُكِّلَت من بلورة زجاجية، مُركَّبة على صفيحة معدنية.





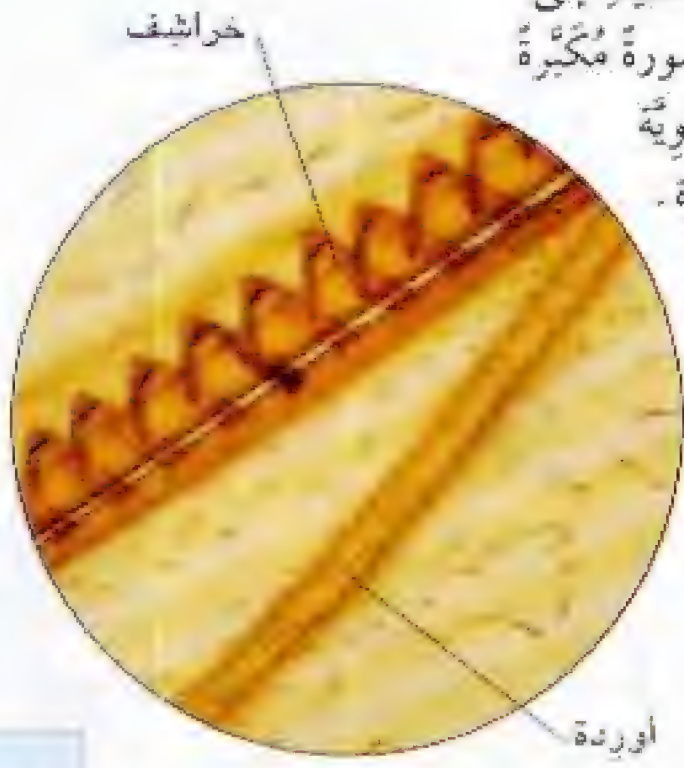
# الآلات البَصَرِيَّة

العديد من الاكتشافات الرائعة تم من خلال عدسات الآلات البَصَرِيَّة. فنحن حتى بالعدسة المُكَبَّرَة البسيطة نرى تفاصيل الأشياء أكثر بكثير مما نستطيع إبطاره بالعين المُجَرَّدة. أما الآلات البَصَرِيَّة المُتَطَوِّرة - التي تتألف من مجموعات مرآيا وعدسات - فقد مكنتنا من دراسة وتقصي مختلف الأشياء من أصغر المُتَعَضِّيات الحيَّة إلى أقصى الأجسام بُعداً في الكون. فبوسع المِجْهَر (الميكروسكوب) الضوئي تكبير الأشياء حتى ٢٠٠٠ مرة؛ كما يمكن استخدام المقراب (التلسكوب) لالتقاط وتحليل الضوء من أجسام فلكية أبعد مليون مرة من أي من النجوم التي نراها في السماء ليلاً.



## الميكروسكوب المركب

يُكَبِّرُ الميكروسكوب المركب الأشياء على مرحلتين. تعكس المرآة الضوء عبر العينة إلى شبيثة قوية - العدسة السفلية - تكون صورة مكبرة أولية حقيقية للعينة. ثم تتلقى العينة - العدسة العلوية - هذه الصورة فتكبرها ثانية، كما العدسة المكبرة.



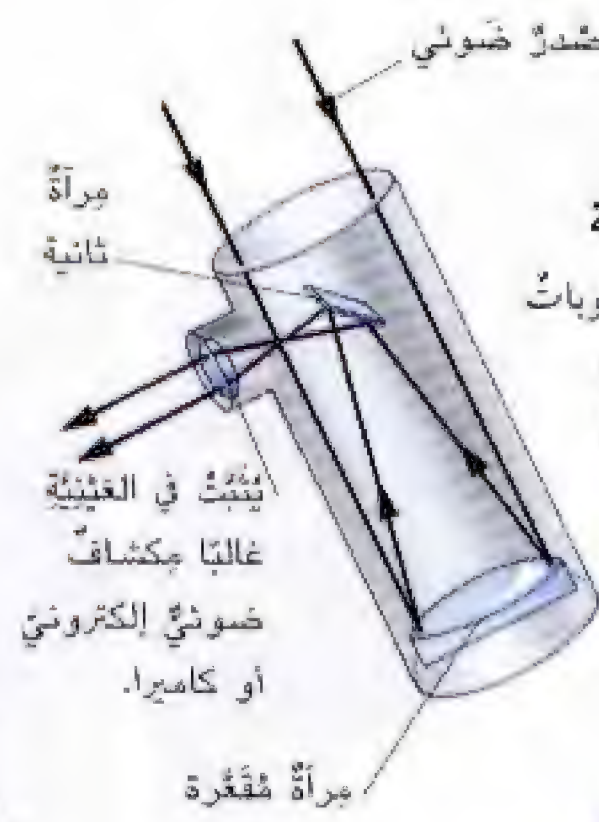
زنبور بالحجم الطبيعي

## صورة مجهرية

عندما يكبر جناح زنبور ٥٠ مرة، تظهر الخراشف والأوردة واضحة التفاصيل. هذه الصورة أُخذت عبر عدسات مجهر مركب.

## التلسكوبات المهمة

- ١٧٨٩ تلسكوب وليام هرشل، إنكلترا، قطر مرآته ١,٢٣ متر
- ١٨٤٥ تلسكوب لورد روس، أيرلندا، قطر مرآته ١,٨٣ متر
- ١٩١٧ تلسكوب جبل ويلسون، كاليفورنيا، قطر مرآته ٢,٥٤ متر
- ١٩٤٨ تلسكوب جبل العاكس، أليومار، كاليفورنيا، قطر مرآته ٥ أمتار
- ١٩٧٦ تلسكوب جبل سمروودريكي، قطر مرآته ٦ أمتار
- ١٩٩٢ تلسكوب كك، هاواي، قطر مرآته ١٠ أمتار



## تلسكوبات عاكسة

معظم التلسكوبات الفلكية الحديثة هي تلسكوبات عاكسة ذات مرآيا مقعرة كبيرة تجمع الضوء وتركزه في بؤرائها - فيما تعكس مرآة ثانية الضوء باتجاه العينية أو الكاميرا.



## تلسكوب هرشل

هذا التلسكوب العاكس، بقطر ٤,٢ متر، الذي يحمل اسم وليام هرشل، يحوي كاميرات وحواسيب إلكترونية تسجل وتحلل ضوء النجوم. وقد شيد في جبال لابلاند الصافي في إحدى جزر الكناري مقابل الساحل الشمالي الغربي للقارة الإفريقية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الانعكاس ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦
- العدسات ص ١٩٧
- علم الفلك ص ٢٩٦
- التلسكوبات الأرضية ص ٢٩٧
- تلسكوبات الفضاء ص ٢٩٨



# الليزر

أضواء الليزر بأشعتها الحزمية غدت من المشاهد المألوفة في حفلات الرقص والغناء الشعبية. لكن استخدام أشعة الليزر يتجاوز مجالات الترفيه والتسلية، إلى مجالات علمية وعملية عديدة تشمل جراحة العين، والمساحة، وقطع الفولاذ، ونقل الإشارات التلفزيونية والحاسوبية عبر الألياف البصرية، وقراءة المعلومات والرموز من شفرات الأعمدة التسعيرية والأسطوانات المدمجة. الخاصية المميزة لضوء الليزر والتي توهله لمختلف استخداماته هي ترابطه واتساقه (انتظامه). فالأمواج الضوئية العادية مخلطة وغير منتظمة، لكن أمواج الليزر متساوقة منتظمة، كصفوف الجند في مسيرة عسكرية. لذا يمكن توجيهها بحزم قوية أكثر نضوعاً وأدق توازياً من الضوء من مصادر أخرى.



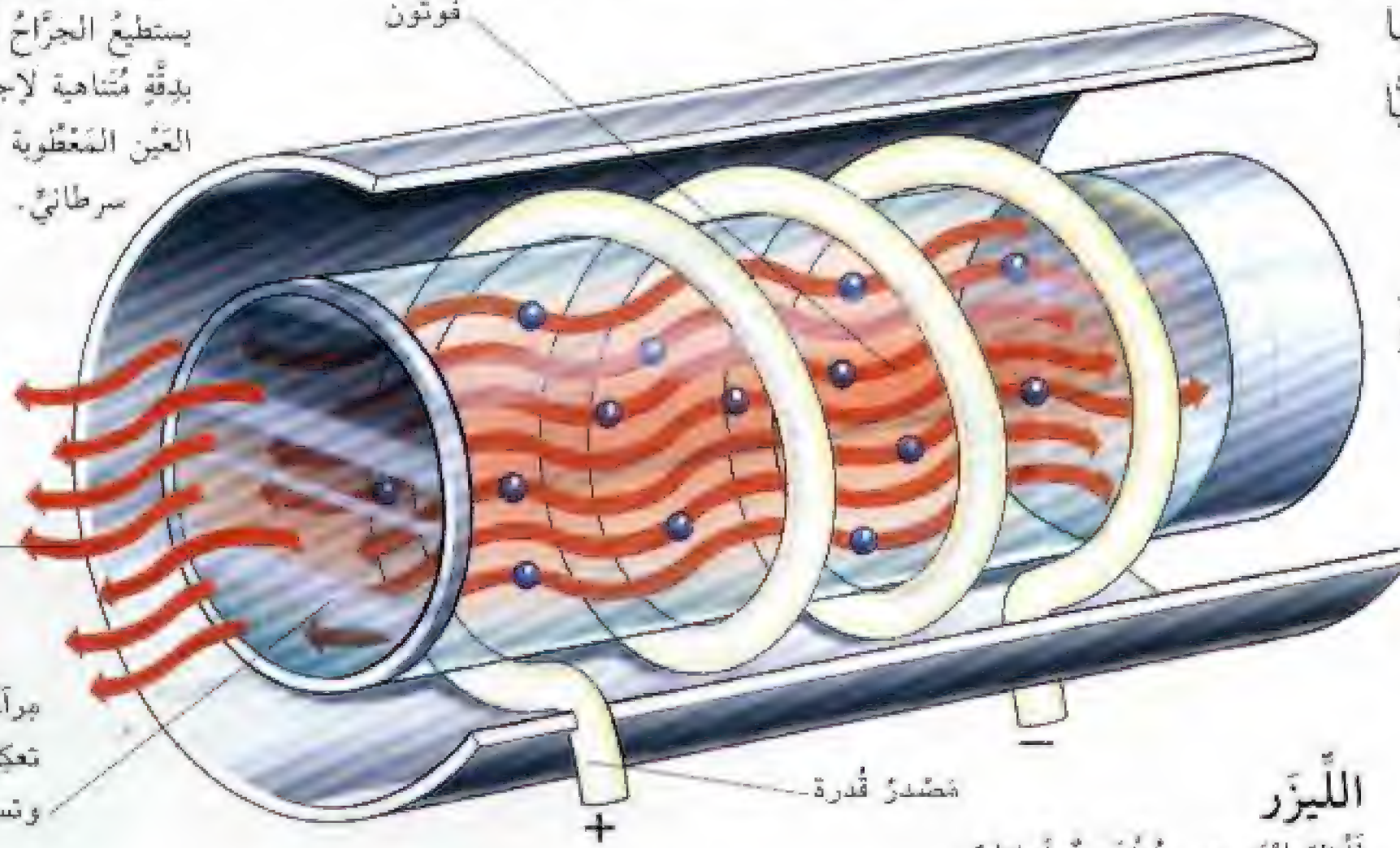
حزمة الليزر  
قوية ومركزة  
الدقة.

## الجراحة الليزرية

يستطيع الجراح التحكم في حزم الليزر بدقة متناهية لإجراء قفّر دقيق في سطح العين المغلقة أو لشفح خلايا ورم سرطاني.

ينتج ليزر مزيج  
الهليوم والنيون  
ضوءاً أحمر.

مرآة جزيئية التفضيض  
تعكس شعاع الضوء  
وتسحق بشروط بعضه.



يمكن إنتاج ضوء الليزر بعشيد الجوامد أو السوائل أو الغازات بالطاقة. ويعتمد لون الضوء الليزري الناتج على نوعية العناصر المتواجدة في المادة.



## الليزر

لفظة ليزر هي مختصر أوائل لما معناه «تضخيم الضوء بأبعث الإشعاع المنسبط». ويمكن شرح ما يجري ضمن جهاز الليزر بأن الطاقة المبعثة من أنبوب ومقاص أو من تيار كهربائي تُسقط أو تُثير ذرات مادة الليزر. فتنبعث بعض الذرات فوتونات، وهذه بدورها تستثير ذرات أخرى لتنبعث فوتونات في الاتجاه نفسه. وتنتقل الفوتونات متوازية جبهة وذهاباً بين المرآيا في جانبي الأنبوب.

الهولوجرام صورة مجسمة  
(ثلاثية الأبعاد) تؤخذ بضوء  
الليزر. ويمكنك الدوران حول  
الصورة لمشاهدتها  
من الجانب الآخر.



## الصورة المجسمة

(الهولوجرامية)

تؤخذ الصورة العادية بواسطة مجموعة واحدة من الأمواج الضوئية تنعكس من الجسم إلى الفيلم. لكن بفضل أنظمة ضوء الليزر الفائقة، يمكن نقله إلى مجموعتين موجبتين لإنتاج صورة مجسمة. إحدى المجموعتين تنعكس مباشرة من الجسم، أما المجموعة الأخرى فتصل الفيلم من اتجاه مختلف دون المرور بالجسم. وحيث تلتقي المجموعتان الموجبتان ينتج نمط تداخلي يسجل على الفيلم. فإذا أثيرت الصورة الهولوجرامية بالشكل الصحيح تبدو مجسمة ثلاثية الأبعاد.

المحاسبة السريعة في المتاجر الكبرى  
تقرأ البيانات الحاسوبية المرمزة في شفرة الأعمدة التسعيرية على مشريائك بضوء الليزر المنعكس. وتضغ الليزر في فارتات هذه الشفرات حالياً من أشباه الموصلات، لأنها تستهلك قدرة أقل بكثير من ليزر مزيج الهليوم والنيون التي كانت تستخدم في مكينات سابقة.



## تيودور ميمان

طور جوردون جاوولد

فكرة الليزر عام

١٩٥٧، وهي فكرة

تعتمد على نظريات ألبرت

آينشتاين في طبيعة الضوء.

وصمم تيودور ميمان (من مواليد

١٩٢٧) أول ليزر عملي عام ١٩٦٠.

جهاز ميمان ولد ضوء الليزر بتزويد بلورة بأقوى بالطاقة من أنبوب ومقاص. وقد حقق ليزر ميمان إنجازاً مهماً رغم أنه لم يتجاوز البضع سنتيمترات طوياً.

## الليزر الصناعية

تقطع الليزر العالية القدرة صفائح الفولاذ السميكة بالشهولة التي تقطع فيها سكين ساجنة قطعة من الزبد. والليزر بالغ الأهمية أيضاً في المساحة، لأن حزمها تُشري في خط مستقيم بغاية الدقة. وقد تم تخطيط مسار نفق القناة الإنكليزية بين فرنسا وإنجلترا بواسطة الليزر.

## لمزيد من المعلومات انظر

- أشباه الفلزات ص ٣٩
- الغازات النبيلة ص ٤٨
- السرعة ص ١١٨
- الكهرباء الثابتة ص ١٤٨
- الصوت والضوء ص ١٧٧
- الضوء ص ١٩٠



# الضوء والمادة

يَقْتُمُّ لَوْنُ غَدَسَاتِ النُّظَارَاتِ  
الْفُوتُونُكْرُومِيَّةِ عِنْدَ تَعَرُّضِهَا  
لِضَوْءِ الشَّمْسِ السَّاطِعِ.



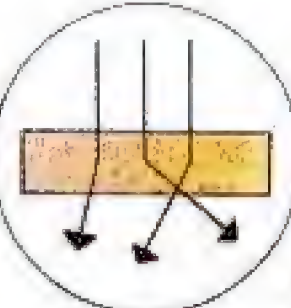
الرُّجَاجُ الْفُوتُونُكْرُومِي

فِي الضَّوِّ الْخَافِئِ يَبْدُو  
الرُّجَاجُ الْفُوتُونُكْرُومِي شَفَافًا

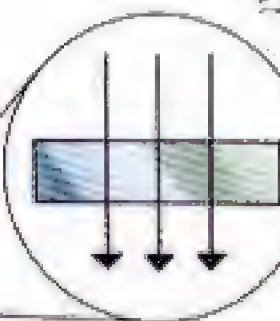
تَقْرِبًا؛ لَكِنَّهُ يُصْبِحُ قَائِمًا عِنْدَمَا يَتَعَرَّضُ لِضَوْءِ سَاطِعٍ.  
فَالطَّاقَةُ الضَّوئية تُغَيِّرُ بَنِيَّةَ بَعْضِ جُزْئِيَّاتِ الرُّجَاجِ  
فَتَمْتَصُّ ضَوْءًا أَكْثَرَ. وَهَذِهِ الْخَاصَّةُ عَكُوسَةٌ - فَنِي  
الْقَلْبُ يَعُودُ الرُّجَاجُ إِلَى صِفَاتِهِ.

## الأجسام الشفافة والشفقة وغير الشفافة

المواد العادية تتأثر بالضوء بطرق مختلفة.  
فالشفافة منها تُنْفِذُ كُلَّ الضَّوِّ السَّاقِطِ عَلَيْهَا  
تَقْرِبًا؛ وَالْشَّفَقَةُ (شِبْهُ الشَّفَافَةِ) تُنْفِذُ الضَّوِّ  
مُسْتَطَارًا فِي شَتَّى الْأَتْجَاهَاتِ بِجُسيمَاتٍ دَقِيقَةٍ  
دَاخِلِهَا؛ أَمَّا الْمَوَادُّ غَيْرُ الشَّفَافَةِ فَلَا تُنْفِذُ  
الضَّوِّ، بَلْ تَعْكِسُهُ أَوْ تَمْتَصُّهُ.



تُنْفِذُ الْمَادَّةُ الشَّفَقَةُ  
(شِبْهُ الشَّفَافَةِ)  
الضَّوِّ، لَكِنَّهُ يَسْتَحْطِرُ  
دَاخِلَهَا فَتَبْدُو لِبَنِيَّةِ اللَّوْنِ.



تُنْفِذُ الْمَادَّةُ الشَّفَافَةُ مُعْظَمَ الضَّوِّ  
السَّاقِطِ عَلَيْهَا، وَيَتَعَكَّسُ الْقَلِيلُ  
مِنْهُ - وَهَذَا مَا يَجْعَلُنَا نَرَى  
سَطْحَ الرُّجَاجِ.



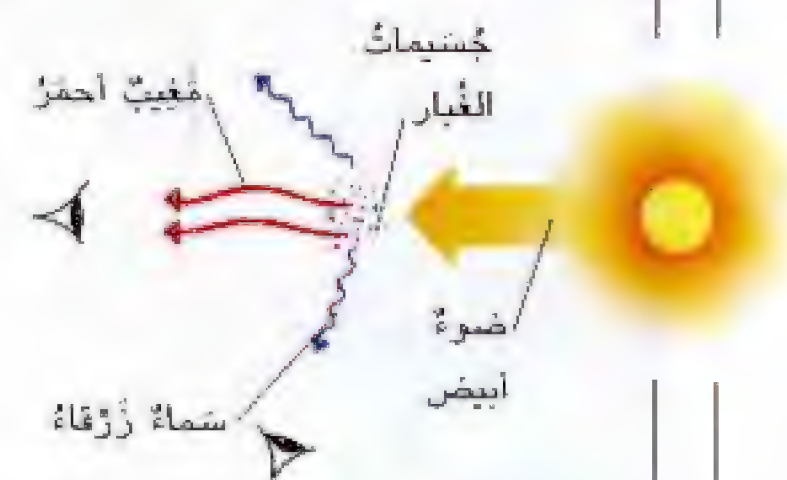
## التفلور

بَعْضُ الْكِيمَاوِيَّاتِ يَمْتَصُّ الضَّوِّ فَوْقَ الْبَيِّنْسَجِيِّ  
ثُمَّ يُطْلِقُ الطَّاقَةَ ضَوْءًا مَرْتَبًا؛ وَيُعْرَفُ هَذَا  
بِالتَّفْلُورِ. هَذِهِ الْكِيمَاوِيَّاتُ يُمْكِنُ اسْتِخْدَامُهَا فِي  
صُنْعِ الْمَلَابِسِ وَالذَّهَانَاتِ، وَأَقْلَامِ التَّلْوِينِ وَحَتَّى  
مُسْتَحْضِرَاتِ التَّجْمِيلِ «الْمُتَوَفِّجَةِ». يَضَعُ مُصَنِّعُو  
مَسَاحِقِ الْغَسِيلِ كِيمَاوِيَّاتٍ فُلُورِيَّةً فِي الْمُنْتَظَفَاتِ كَيْ  
تَبْدُو الْمَلَابِسُ الْبَيْضَاءُ أَكْثَرَ بَيَاضًا فِي ضَوْءِ الشَّمْسِ.



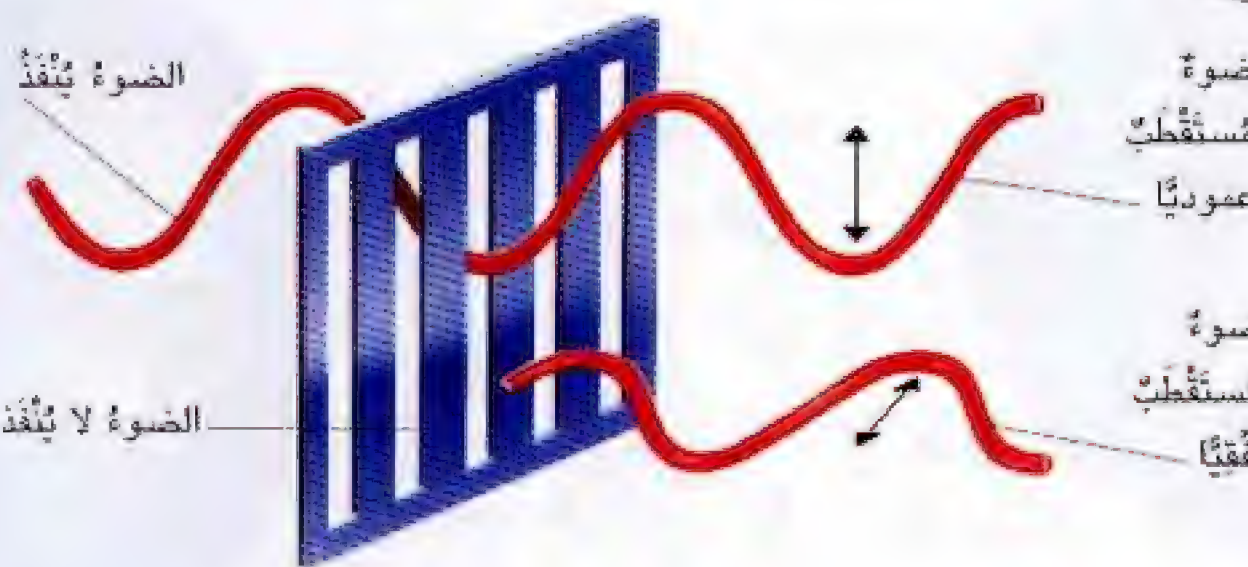
## زُرْقَةُ السَّمَاءِ

هَلْ تَسَاءَلْتِ يَوْمًا لِمَ تَبْدُو السَّمَاءُ  
زُرْقَاءَ؟ السَّبَبُ هُوَ أَنَّ جُسيمَاتِ  
الْغُبَارِ الدَّقِيقَةِ وَبُخَارَ الْمَاءِ فِي الْجَوِّ  
تَسْتَطِيعُ (تُسْتَشْتِ) ضَوْءَ الشَّمْسِ  
الْأَزْرَقَ، ذَا الطَّوْلِ الْمَوْجِيِّ  
الْقَصِيرِ، بِشِدَّةٍ أَكْثَرَ مِمَّا تَسْتَطِيعُ  
الضَّوِّ الْأَحْمَرُ ذَا الطَّوْلِ الْمَوْجِيِّ  
الْأَطْوَلَ. أَمَّا حِينَ نَنْظُرُ فِي أَتْجَاهِ  
مَغِيبِ الشَّمْسِ عِنْدَ الْغُرُوبِ، فَإِنَّا  
نَرَى ضَوْءَ الشَّمْسِ الْمُحْمَرَّ  
الْمَامُتَّطَارَ (غَيْرَ الْمُسْتَشْتِ).



## الاستقطاب

أَمْوَاجُ الضَّوِّ مُسْتَعْرِضَةٌ، تَتَذَبَذَّبُ  
مُتَعَامِدَةً مَعَ أَتْجَاهِ مَسَارِهَا. النُّظَارَاتُ  
الشَّمْسِيَّةُ الْمُسْتَقْطَبَةُ تُنْفِذُ فَقَطْ الضَّوِّ  
الْمُتَذَبَذَّبَ رَاسِيًا؛ وَهِيَ بِأَمْتِصَاصِهَا  
الضَّوِّ الْمُسْتَقْطَبَ أَفْقِيًا تُسَاعِدُ فِي  
تَخْفِيفِ الْبَهَرِ.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الصوت ص ١٧٨
- القيمت الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- الانعكاس ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦



# الظلال

تتكوّن الظلال لأن أشعة الضوء تسري في خطوط مُستقيمة فلا تلتفّ حوّل الأجسام اللاشفافة التي تعترض مسارها. وتعتمد حِدّة معالم الظلّ على المصدّر الضوئي؛ فالمصدر النقطي يُلقي ظلالاً مُحدّدة المعالم، أمّا المصدر الممتدّ (اللانقطي) فيلقي ظلالاً غير واضحة المعالم. والشمس بحكم بُعدها القاصي تبدو كمصدر نقطي تقريباً؛ والظلال التي تلقيها هي ظلال مُحدّدة المعالم. أما المصدر الضوئي الأكثر امتداداً كأنبوب إنارة فلوري فيلقي ظلالاً أقلّ وضوحاً. ولعلّ أكثر مشاهد الظلال روعة هو كسوف الشمس أو خسوف القمر.



## المزولة الشمسية

يتحرّك الظلّ الذي تُلقيه المزولة الشمسية تبعاً لحركة الشمس الظاهرية عبر السماء؛ ويُستخدم هذا التحرك في تحديد الوقت. وقد استُخدمت أولى المزاول الشمسية في الصين منذ أكثر من ٤٠٠٠ سنة، وكانت تتألف من عمود رأسي بسيط.

## الظلال

الشمس لا تُلقي ظلالاً حين تكون في سَمَت الرأس عند الظهيرة. لكنّ عندما تغدو أخفض، نستطيع الظلال حتى تصبح أطول من الأجسام التي تُسببها. هنالك قِسمان للظلّ الذي تُلقيه الشمس - هما سُوداء الظلّ وشبه الظلّ. فسُوداء الظلّ هي المنطقة التي يخجّب فيها الجسم جميع أشعة الشمس. أمّا شبه الظلّ فهي المنطقة التي يخجّب فيها الجسم الضوء الآتي من بعض أقسام الشمس وليس من أقسامها الأخرى.



## الكسوف

في أثناء الكسوف، يمرّ القمر (وهو في المحاق) بين الشمس والأرض فيلقي ظلاً ضخماً على جزء من سطح الأرض. في مناطق شبه الظلّ يكون الكسوف جزئياً؛ أمّا في سُوداء الظلّ، فيعتم النهار، كانه ليل، بضغ دقائق لإحتجاب الشمس تماماً.



## الخسوف

أحياناً تمرّ الأرض بين الشمس والقمر (في ليلة تَمَابه) فتخجّب بظلالها، ويُعرف هذا بالخسوف. في مركز الخسوف يخجّب القمر عن الرؤية فترة تزيد على ساعة. وفي أثناء الخسوف يمكن مشاهدة ظلّ الأرض يتحرّك على سطح القمر.



## الكسوف والخراقات

قديمًا، وقبل الاكتشافات العلمية الحديثة، كان الكسوف حدثاً مُخيفاً - صورته الحضارات القديمة كأنّ غولاً هائلاً يتتبع الشمس. لكن مع تقدّم العلم، وحفظ السجلات الفلكية، توضّح أنّ الكسوف أو الخسوف هما حدثان مُنظّمان بحيث يمكن التنبؤ بزمن حدوثهما.



## هالة الشمس

في الكسوف الكلي لا تُرى من الشمس إلا هالة إكليلية حول قرصها. ويُنْتَهِز العلماء فرصة هذا الحدث لدراسة نشاط الغازات في هذه الهالة. كذلك فإنّ الشوْط (الشواظات)، التي لا تُرى عادةً، يتأثير نور الشمس الغامر، تُشاهد عند الكسوف مُسدلة فوق سطح الشمس.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الضوء ص ١٩٠
- الضوء والمادة ص ٢٠٠
- الشمس ص ٢٨٤
- القمر ص ٢٨٨
- علم الفلك ص ٢٩٦



# الألوان

تَحْيَلُ عَالَمًا كُلَّ شَيْءٍ فِيهِ بِلَوْنِ ضَوْءِ النَّهَارِ - أبيض. إِنَّ الحَيَاةَ فِيهِ سَتَكُونُ رَتِيبةً مُمِلَّةً وَلَا شَكَّ. فَمِنْ حُسْنِ الحِطِّ أَنَّ عَالَمَنَا مُشْرِقٌ نَاصِرٌ بِالألوانِ البَهِيجَةِ المُتَنَوِّعةِ. وَتَسْتَطِيعُ عُيُونُنَا، بِتَرَكيبِهَا الرائِعِ، تَمييزَ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ لِلضَّوءِ المَنْظُورِ كالألوانِ مُخْتَلِفَةً. فَكُلُّ طَوِيلٍ (أَوْ جَمِيعَةٍ أَطْوَالٍ) مَوْجِيَّةٍ ضَوْئِيَّةٍ هُوَ (أَوْ هِيَ) لَوْنٌ مُعَيَّنٌ. وَأَطْوَلُ هَذِهِ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المَرْتَبِيَّةِ هُوَ الضَّوءُ الأحمر؛ وَأَقْصَرُهَا هُمَا الأزرقُ والبَنَفْسَجيُّ. فَإِذَا مُزِجَتْ كَمِيَّاتٌ مُتَسَاوِيَةٌ مِنْ جَمِيعِ أَطْوَالِ الضَّوءِ المَوْجِيَّةِ مَعًا، تَكُونُ النَتِيجَةُ ضَوْءًا أبيض. يَعتَقِدُ العُلَمَاءُ أَنَّ الكَثِيرَ مِنَ الحَيَوَانَاتِ لَا يَسْتَطِيعُ تَمييزَ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ، فَهِيَ تَعِيشُ فِي عَالَمٍ لَا تَعْرِفُ اللَوْنَ فِيهِ.

ضوء الشمس مزيج من جميع الأطوال الموجية من الأمواج الأطول للضوء الأحمر حتى أقصرها للضوء البنفسجي.

الضوء الأبيض مزيج أطوال موجية من مختلف أجزاء الطيف.

## ألوان قوس القزح

يُمْكِنُ رُؤْيَا الألوانِ المُخْتَلِفَةِ الَّتِي تُؤَلَّفُ الضَّوءُ الأبيضُ عِنْدَمَا يَفْلِقُ مَوْشُورٌ حُرْمَةً مِنَ الضَّوءِ، كَاسِرًا الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةَ بِمَقَادِيرَ مُتَفَاوِتَةٍ، يُفَرِّقُهَا إِلَى طَيفٍ تَسْتَطِيعُ رُؤْيَا. الضَّوءُ الأحمر، الأكثرُ طَوِيلًا مَوْجِيًّا، هُوَ الأَقْلُ انْكِسَارًا؛ واللَوْنُ البَنَفْسَجيُّ، الأَقْصَرُ طَوِيلًا مَوْجِيًّا، هُوَ الأكثرُ انْكِسَارًا.

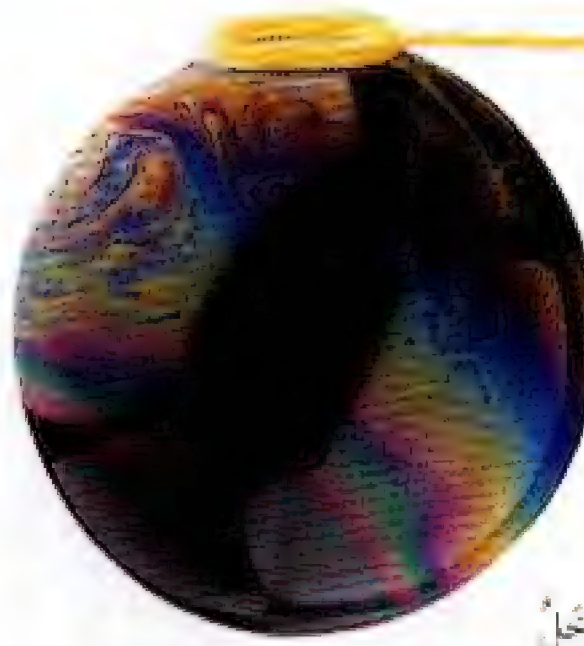
الموشور يفلق الضوء الأبيض ويفرقه إلى مقوماته اللونية.

يَتَّبَعُ قَضِيبٌ مِنَ الفولاذِ المُخَمَّى أَمَاجًا ضَمِنَ الطَّيْفِ الأحمرِ مِنَ الطَّيْفِ المَنْظُورِ فَقَط.

مَعَ زِيَادَةِ إِحْمَاءِ القَضِيبِ يَتَحَوَّلُ لَوْنُ جِزْئِهِ الأَسْفَلَ إِلَى الأصْفَرِ.

## ألوان التداخل

الألوانُ الرَّاهِيَةُ الَّتِي تُشَاهِدُهَا أَحْيَانًا عَلَى فُتَاقِيعِ الصَّابُونِ سَبَبُهَا تَدَاخُلُ الضَّوءِ. فَأَشِعَّةُ الضَّوءِ الأبيضِ المُتَعَكِّسَةُ عَلَى الغِشَاءِ الدَّاخِلِيِّ لِلْفَقَاعَةِ الصَّابُونِ تَسْرِي أَيْدًا بِقَلِيلٍ مِنَ الأشِعَّةِ المُتَعَكِّسَةِ عَلَى الغِشَاءِ الخَارِجِيِّ. وَتَدَاخُلُ الأمَاجُ فِي كُلِّ شُعَاعٍ بَعْضُهَا مَعَ بَعْضٍ حَيْثُ تَلْقَى، فَتَلْعَنِي بَعْضُ الألوانِ وَاجِدُهَا الآخَرَ، فِيمَا تَتَضَامُّ أُخْرَى لِيَتَكُونَنَّ نُطْقًا لَوْنِيَّةً عَلَى سَطْحِ الفَقَاعَةِ.



ماجنِتا (أحمر مُزْرَق)

سِيَان (أزرق داكن)

## الأضواء الملونة

الأحمر والأخضر والأزرق تُعرَفُ بِالألوانِ الأَوَّلِيَّةِ -

وَيُمْكِنُكَ بِمَزْجِ هَذِهِ الألوانِ الضَّوئِيَّةِ الحُصُولُ عَلَى أَيِّ لَوْنٍ آخَرَ تَقْرِيبًا. فَإِذَا مُزِجَ الضَّوءُ الأحمرُ والأخضرُ والأزرقُ بِالنَّسَبِ الصَّحِيحَةِ يَتَكُونُ الضَّوءُ الأبيضُ. وَحَيْثُ يَتَرَاكَبُ لَوْنَانِ أَوَّلِيَّانِ فَإِنَّهُمَا يَنْتِجَانِ لَوْنًا ثَانِيًّا؛ فَالأحمرُ والأزرقُ يَنْتِجَانِ المَاجِنِتا، والأحمرُ والأخضرُ يَنْتِجَانِ الأصْفَرِ، والأخضرُ والأزرقُ يَنْتِجَانِ السِّيَانِ.

يُمْكِنُ تَلْفِيفُ الضَّوءِ الأبيضِ بِمَزْجِ الأحمرِ والأخضرِ والأزرقِ فَقَط.

يَحْوِي الضَّوءُ الأبيضُ كُلَّ الوانِ الطَّيْفِ.

الْمَرْشُحُ المَاجِنِتي (الأحمرُ المَزْرَقُ) يُنْفِذُ الضَّوءَ الأحمرَ والأزرقَ وَيَمْتَصِلُ الأخضرَ.

الْمَرْشُحُ الأخضرُ يُنْفِذُ النُّطَاقَ الأخضرَ فَقَط مِنَ الطَّيْفِ وَيَمْتَصِلُ النُّطَاقَيْنِ الأحمرَ والأزرقَ.

## المرشحات

الْمَرْشُحُ صَفِيحَةٌ لَدَائِيَّةٌ تَمْتَصُّ بَعْضَ الألوانِ وَتُنْفِذُ أُخْرَى. فَالْمَرْشُحُ الأخضرُ، مَثَلًا، يَمْتَصُّ جُزْأِي الطَّيْفِ الأحمرَ والأزرقَ وَيُنْفِذُ النُّطَاقَ الأخضرَ فَقَط. أَمَّا الْمَرْشُحُ المَاجِنِتي (الأحمرُ المَزْرَقُ) فَيَمْتَصُّ الضَّوءَ الأخضرَ وَيُنْفِذُ الأحمرَ والأزرقَ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الضوء ص ١٩٠
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- تأثيرات خاصة ص ٢٦٩



# طَرَحُ الْأَلْوَانِ



حُزْبَاءُ

## الإِضْطِبَاجُ الطَّبِيعِيُّ

يُحَوِي جِلْدُ الْحِرْبَاءِ خِلَافًا صَبِغَةً تَتَغَيَّرُ حَسَبًا وَشَكْلًا لِتَأْتِلَفِ الْحَيَوَانِ مَعَ أَلْوَانِ الْخَلْفَةِ الَّتِي تُحِيطُ بِهِ. وَبِهَذِهِ الْوَسِيلَةِ، فَإِنَّ الْحِرْبَاءَ مُحْكَمَةٌ التَّمَوُّهُ حِينَ يَتَهَدَّدُهَا الْخَطَرُ. وَقَدْ طَوَّرَتْ أَسْمَاكُ الصِّيْدِجِ «لَعْنَةً تَفَاهُم» عِمَادَهَا أَنْمَاطٌ مِنَ التَّغْيِيرَاتِ اللَّوْنِيَّةِ تَتَمَوَّجُ عَنِ أَسْجَادِهَا.

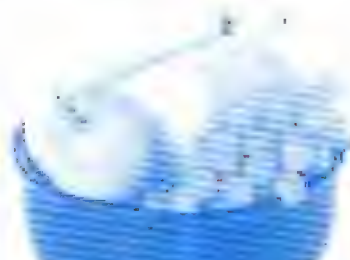


مَاجِنَتَا (أَحْمَرُ مُزْجَقُ)



أَصْفَرُ

تُطْبَعُ أَلْوَانُ الصُّورَةِ وَاحِدًا فَوْقَ الْآخَرِ لِلْحَصُولِ عَلَى الصُّورَةِ بِكَامِلِ أَلْوَانِهَا.



سَيَّانُ (أَزْرَقُ دَاكِنُ)

يُعَالِجُ اللَّوْنُ الْأَسْوَدُ مُتَفَصِّلًا كَيْ تَطْلُغَ النَّصْلُ وَالْخُلُوطُ الْكَفَافَةُ وَاضِحَةُ الْمَعَالِمِ.



## الطَّبَاعَةُ الرَّبَاعِيَّةُ الْأَلْوَانِ

تُسْتَنْسَخُ جَمِيعُ الصُّوَرِ الْفُوتُوغَرَفِيَّةِ وَالرُّسُومِ الْإِيضَاحِيَّةِ الْمُلَوَّنَةِ مِنْ أَرْبَعَةِ حُبُورٍ مُلَوَّنَةٍ فَقَطْ، هِيَ: الْمَاجِنَتَا وَالسَيَّانُ وَالْأَصْفَرُ وَالْأَسْوَدُ. إِنَّ مَزْجَ هَذِهِ الْأَلْوَانِ بِنِسَبٍ مُخْتَلِفَةٍ يُنتِجُ جَمِيعَ الْأَلْوَانِ الْمُخْتَلِفَةِ الَّتِي يُمَكِّنُنَا رَوَيْتُهَا. فَعِنْدَمَا يُحَضَّرُ كِتَابٌ أَوْ مَجَلَّةٌ لِلطَّبَاعَةِ، تُسَخَّجُ الصُّوَرُ الْمُلَوَّنَةُ لِفَرَزِ الْأَلْوَانِ الْأَرْبَعَةِ هَذِهِ فُوتُوغَرَفِيًّا. وَتُسْتَعْمَلُ الْأَفْلَامُ مُسْتَقِلَّةً لِنَحْضِرِ صَفِيحَةً طَبَاعِيَّةً لِكُلِّ لَوْنٍ.

يَفْتَضُّ الْأَصْفَرُ الضَّوْءَ الْأَزْرَقَ، وَيَعْكُضُ مَزِيجًا مِنَ الْأَحْمَرِ وَالْأَخْضَرِ.

يَفْتَضُّ الْمَاجِنَتَا الضَّوْءَ الْأَخْضَرَ، وَيَعْكُضُ مَزِيجًا مِنَ الْأَحْمَرِ وَالْأَزْرَقِ.

يَفْتَضُّ السَيَّانُ الضَّوْءَ الْأَحْمَرَ، وَيَعْكُضُ مَزِيجًا مِنَ الْأَزْرَقِ وَالْأَخْضَرِ.

## مَزْجُ الدَّهَانَاتِ

مَزْجُ الْأَلْوَانِ فِي الدَّهَانَاتِ يَعْمَلُ بِالطَّرْحِ اللَّوْنِيِّ. فَحُبُورُ الْمَاجِنَتَا وَالسَيَّانِ وَالْأَصْفَرِ يَفْتَضُّ كُلُّ وَاحِدٍ مِنْهَا لَوْنًا أَوَّلِيًّا وَاحِدًا فَقَطْ مِنَ الضَّوْءِ الْأَبْيَضِ. فَمَزْجُ أَيِّ لَوْنَيْنِ مِنْ هَذِهِ الْأَلْوَانِ الثَّلَاثَةِ يَنْتِجُ دِهَانًا نَاصِعًا أَوَّلِيًّا لِلْوَلْنِ. أَمَّا مَزْجُ الْأَلْوَانِ الثَّلَاثَةِ مَعًا فَيَنْتِجُ اللَّوْنُ الْأَسْوَدَ.



فِي ضَوْءِ النَّهَارِ، يَعْكُضُ زَوْجُ الْأَحْذِيَةِ الْقَمَاشِيِّ الْأَحْمَرُ

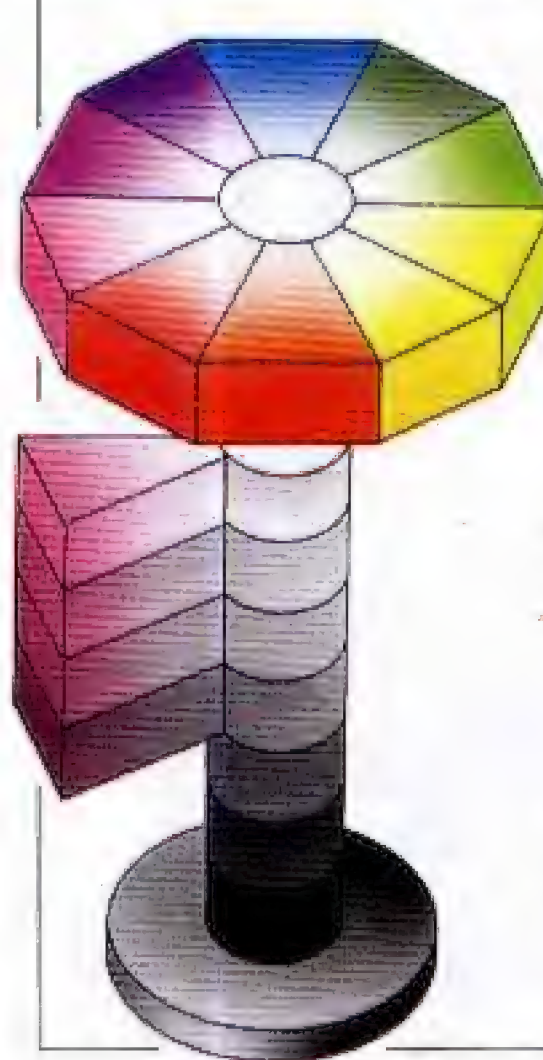
الضَّوْءَ الْأَحْمَرَ فَقَطْ

وَيَفْتَضُّ جَمِيعَ الْأَلْوَانِ الْآخَرَى.

فِي الضَّوْءِ الْأَزْرَقِ، يَفْتَضُّ الْخُضْبُ الْأَحْمَرُ الضَّوْءَ الْأَزْرَقَ، فَيَبْدُو الْحذاءُ أَسْوَدَ.

## زَوْجُ أَحْذِيَةِ أَحْمَرَ أَوْ أَسْوَدَ؟

زَوْجُ الْأَحْذِيَةِ الْقَمَاشِيِّ الْأَحْمَرِ، أَعْلَاهُ، يَبْدُو أَحْمَرَ فِي ضَوْءِ النَّهَارِ، أَوْ عِنْدَمَا يُضَاءُ بِالضَّوْءِ الْأَحْمَرَ لِأَنَّهُ يَعْكُضُ الضَّوْءَ الْأَحْمَرَ فَقَطْ، وَيَفْتَضُّ جَمِيعَ الْأَلْوَانِ الْآخَرَى. أَمَّا عِنْدَ إِضَاءَتِهِ بِالضَّوْءِ الْأَزْرَقِ فَإِنَّهُ يَبْدُو أَسْوَدَ، لِأَنَّهُ خِضْبُهُ الْأَحْمَرُ يَفْتَضُّ كُلَّ الضَّوْءِ الْأَزْرَقِ؛ وَلَيْسَ مِنْ ضَوْءٍ أَحْمَرَ لِيَعْكُضَهُ.



## شَجَرَةُ «مَنْصِلِ» اللَّوْنِيَّةِ

إِذَا سَبَقَ لَكَ وَحَاوَلْتَ مُضَاهَاةَ لَوْنٍ بِدَقَّةٍ تَامَّةٍ فَلَعَلَّكَ خَبِرْتَ الضَّعُوبَةَ الْبَالِغَةَ فِي ذَلِكَ. فَالْعَيْنُ الْبَشَرِيَّةُ حَسَّاسَةٌ بِشَكْلِ يَفُوقُ التَّصَوُّرَ لِلْفَوَارِقِ اللَّوْنِيَّةِ الطَّفِيفَةِ جِدًّا حَتَّى لَتَسْتَطِيعَ تَمْيِيزَ قُرَابَةِ عَشْرَةِ مَلَايِينَ تَلَوْنِيَّةٍ مُتَبَايِنَةٍ الدَّرَجَةِ. إِنَّ شَجَرَةَ مَنْصِلِ اللَّوْنِيَّةِ هِيَ نِظَامٌ لِنَصْنِيفِ الْأَلْوَانِ؛ بِحَيْثُ تُقَاسُ التَّقَبُّ (اللُّوْنُ الْأَسَاسِي) وَالتَّلَوْنِيَّةُ (التَّشْبُعُ اللَّوْنِي) وَالْجَلَاءُ (إِشْرَاقُ اللَّوْنِ أَوْ قَنَامَتُهُ)؛ ثُمَّ يُوضَعُ كُلُّ لَوْنٍ فِي مَوْقِعِهِ عَلَى الشَّجَرَةِ. فَتُسَبِّحَانِ التَّقَبُّ مِنْ مَوْقِعِهَا عَلَى مُحِيطِ الشَّجَرَةِ، وَالتَّشْبُعُ اللَّوْنِي مِنْ بَعْدِهِ عَنِ الْجَذْعِ، وَالْجَلَاءُ مِنْ مَوْقِعِهِ عَلَى الْجَذْعِ.

## لَمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

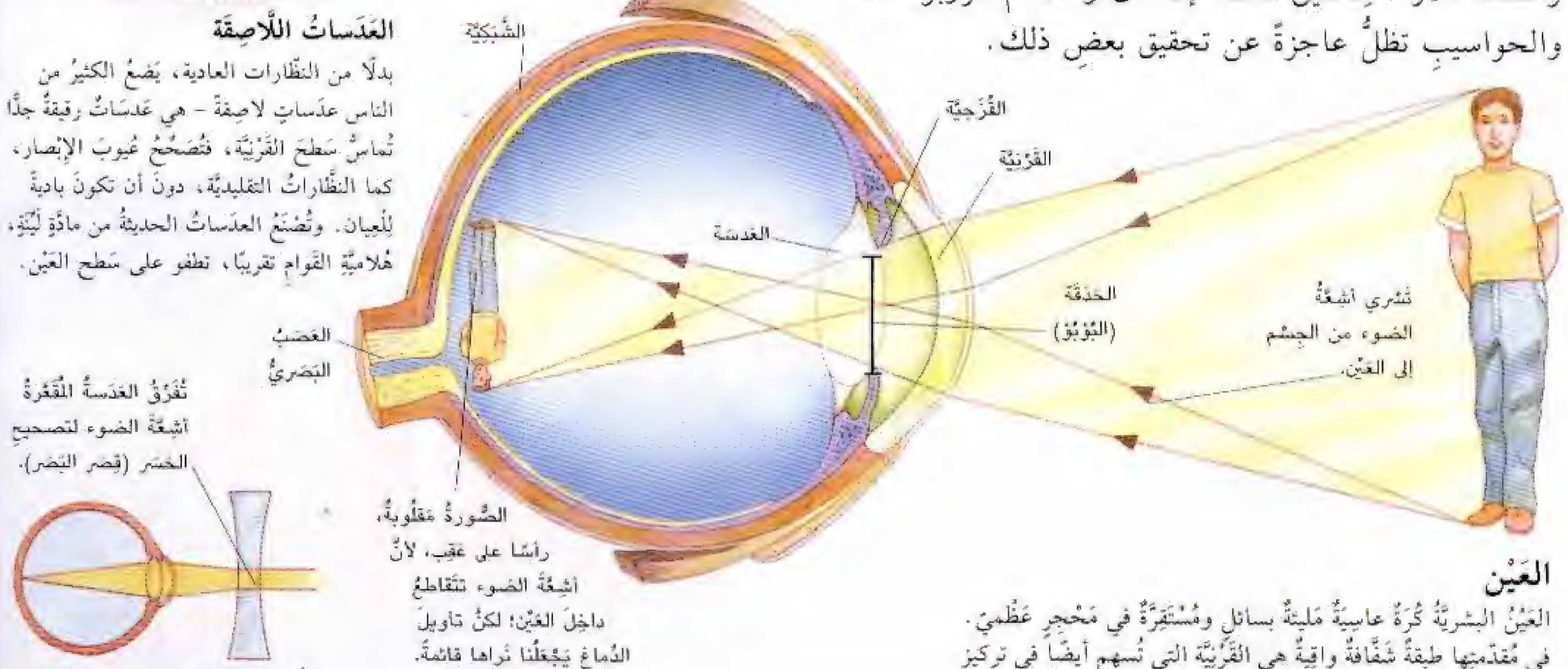
- الْأَصْبَاحُ وَالْخُضْبُ ص ١٠٢
- النَّظِيفُ الْكَهْرْمَغْنِطِيْسِي ص ١٩٢
- الْإِنْعِكَاسُ ص ١٩٤
- الْأَلْوَانُ ص ٢٠٢



# الإبصار



الطريقة التي تعمل بها العينان والدماغ لإنتاج الصور فائقة الدقة والتعقيد. فالضوء الذي تستقبله شبكية العين، بعد أن كسره المكيف، تحوله خلاياها الحساسة للضوء إلى طاقة كيميائية؛ وهذه الطاقة تفعل الأعصاب لتنتقل هذه الرسالة الكهروعضوية إلى الدماغ الذي يحللها ويحسبها ويصدر آتيا التعليمات المناسبة لمواجهتها. وهذا ما تتمثله في لاعب التنس أو البيسبول الذي يرقب بعينه الطابة الصغيرة منطلقة نحوه بسرعة تقارب ١٦٠ كم/سا، فيقدر دماغه المدى والموقع الذي ترد منه الطابة، والحركة والاتجاه والشدة اللازمة لتحقيق ذلك. إن أدق وأصح الروبوتات والحواسيب تظل عاجزة عن تحقيق بعض ذلك.



## العين

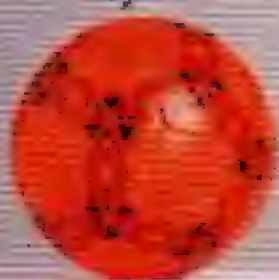
العين البشرية كرة عازية مليئة بسائل ومستقرة في محجر عظمي. في مقدمتها طبقة شفافة واقية هي القرنية التي تسهم أيضا في تركيز الضوء. الجزء الملون الظاهر من العين، هو القرنية التي تضبط كمية الضوء المار عبر حديقها (البؤبؤ)، فتضيئها في الضوء الساطع وتوسعها في الضوء الخافت. ينفذ الضوء إلى العدسة فتركزه على الشبكية، التي تحوي طبقة من الخلايا الحساسة للضوء. هذه الخلايا ترسل، عن طريق العصب البصري، إشارات إلى المخ حيث تؤوّل إلى معلومات تؤلف عالمنا المنظور.



رفعة الشطرنج - كما تراها العين اليمنى

## الخدع البصرية

كثير من المعلومات التي نستنتجها من صور الأشياء مبنية على معرفتنا المسبقة بما يجب أن يكونه. فمثلا نقدر المسافة بيننا وبين جسم ما لأننا نعرف حجمه الفعلي ونعرف كم يبدو حجمه على بُعد معين. لكننا قد نكون مخطوعين! فالخدعة البصرية قد تضللنا فيما يتعلق بالحجم النسبي للجسم، بوضعه في غير موقعه المتوقع. فالكرتان البيتان هنا تبدوان متساويي الحجم، لكن الكرة الخلفية هي كرة قدم والأمامية هي كرة جولف.



الكرتان تبغذا إحداهما عن الأخرى بخوالي ٢,٧ متر

## الإبصار المجسم

الإبصار بعينين أثنى مساعدنا في تقدير مواقع الأجسام وبعدها بدقة. فإذا نظرت إلى إصبعك، بعين واحدة أولا ثم بالعين الأخرى تجد أن إصبعك قد تحرك من موقعه. وهذه الحركة تزداد أكثر فأكثر كلما قرّبت إصبعك إلى عينيك. والدماغ هو الذي يوحّد منظور العينين اليمنى واليسرى في صورة وحيدة مجسمة (ثلاثية الأبعاد).



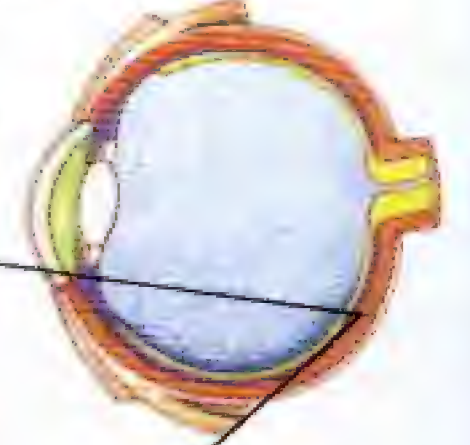
رفعة الشطرنج - كما تراها العين اليسرى



تحتوي الشبكية طبقة من الخلايا الحساسة للضوء تُسمى نوابيت الشبكية ومخاريطها.

مخاريط الشبكية حساسة للألوان المختلفة.

خلايا عصبية



نوابيت الشبكية ومخاريطها

تحتوي الشبكية نوعين من الخلايا الحساسة للضوء - هي النوابيت والمخاريط. تحتوي العين قرابة 6,000,000 خلية من المخاريط و 120,000,000 من النوابيت. تستجيب المخاريط للثور الساطع وأطوال الضوء الموجية المختلفة، فتمكّننا من إدراك الألوان. أما النوابيت فحساسة للضوء الخافت، ولا تستجيب للألوان.

نوابيت الشبكية حساسة لمستويات الضوء الخفيفة.

في ضوء الشمس الساطع تعمل نوابيت الشبكية ومخاريطها بكامل فعاليتها، وتكون الفروق اللونية واضحة.

ليلاً ونهاراً

تبدو لنا الفروق اللونية واضحة في ضوء الشمس الساطع لأن خلايا مخاريط الشبكية ونوابيتها مُنشطة بالكامل. أما في ضوء القمر، فتستأثر النوابيت فقط وتبدو الفروق اللونية أقل وضوحاً بكثير.

في ضوء القمر تستأثر النوابيت فقط، فلا نستطيع إدراك الألوان.



سلسلة من النقاط الحمراء

نقطة صفراء

نقطة حمراء

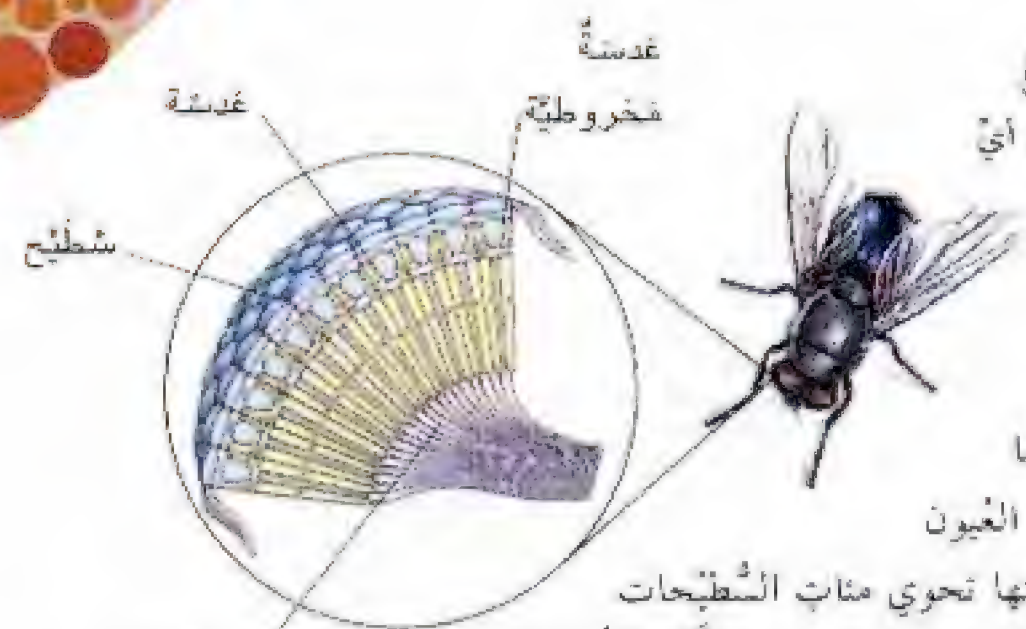
خطوط دليلية تظهر بالضوء فوق البنفسجي.



كم لو أننا يمكننا رؤيته؟

إذا كان إحصارك للألوان سويًا، يمكنك رؤية سلسلة النقاط الخضراء المخففة في هذه الشبكة من النقاط الحمراء والصفراء. إن حوالي واحدًا من ١٥ من الذكور لا يستطيع إحصار هذا النمط لأنه أعمى الأحمر والأخضر. والناس ذوو مثل هذا العمى لا يتحسسون الفرق بين الأحمر والأخضر - كما يدركه ذوو الإبصار السوي. أما نسبة ذوي هذا العمى من الإناث فضئيلة - إذ لا تتعدى نسبة من يجدن صعوبة في تبين النمط الظاهر في هذه الشبكة الواحدة في الألف.

الدبابه تستطيع رؤية أتبنا من أي اتجاه.



العيون المركبة

لدى الدبابه بالمنشأ قلسا بصيها لأن لها مئات العيون

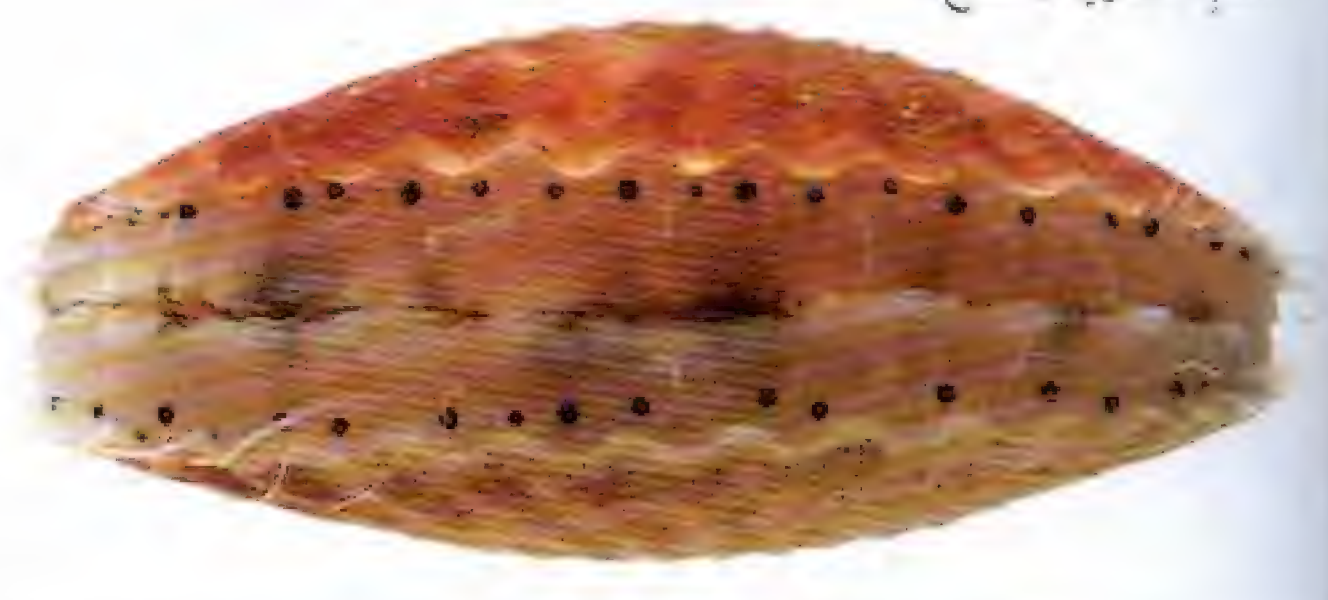
المركبة! كل واحد منها تحتوي مئات الشبكات العينية في مواجهة جميع الاتجاهات. وتألف كل عينية من عدسة خارجية سطحية وعدسة مخروطية داخلية. وتعمل هاتان العدستان على تركيز الضوء وتوجيهه نحو الغضب البصري والدماغ.

المرأى الحشري

عيون الحشرات حساسة لقسم من الطيف الكهرومغناطيسي غير القسم الذي تراه عين الإنسان. فالحشرات تبصر الضوء فوق البنفسجي الذي لا نستطيع عين الإنسان تمييزه. بعض الأزهار طوّرت مع الزمن خطباً تُرى فقط في الضوء فوق البنفسجي، وهذه تُشكل خطوطاً دليلية تُوجّه النحل نحو الرحيق واللقاح (غبار الطلع).

العين البسيطة

جهاز البصر في السحابة يتكوّن من صف من العيون البسيطة الأشبه بالكاميرات ذات الثقب، لكنّها حساسة للضوء. بهذا الجهاز تستطيع السحابة اكتشاف حركة الحيوانات الضارية فتتفعل بمصراعها بسرعة حتى زوال الخطر.



لمزيد من المعلومات انظر

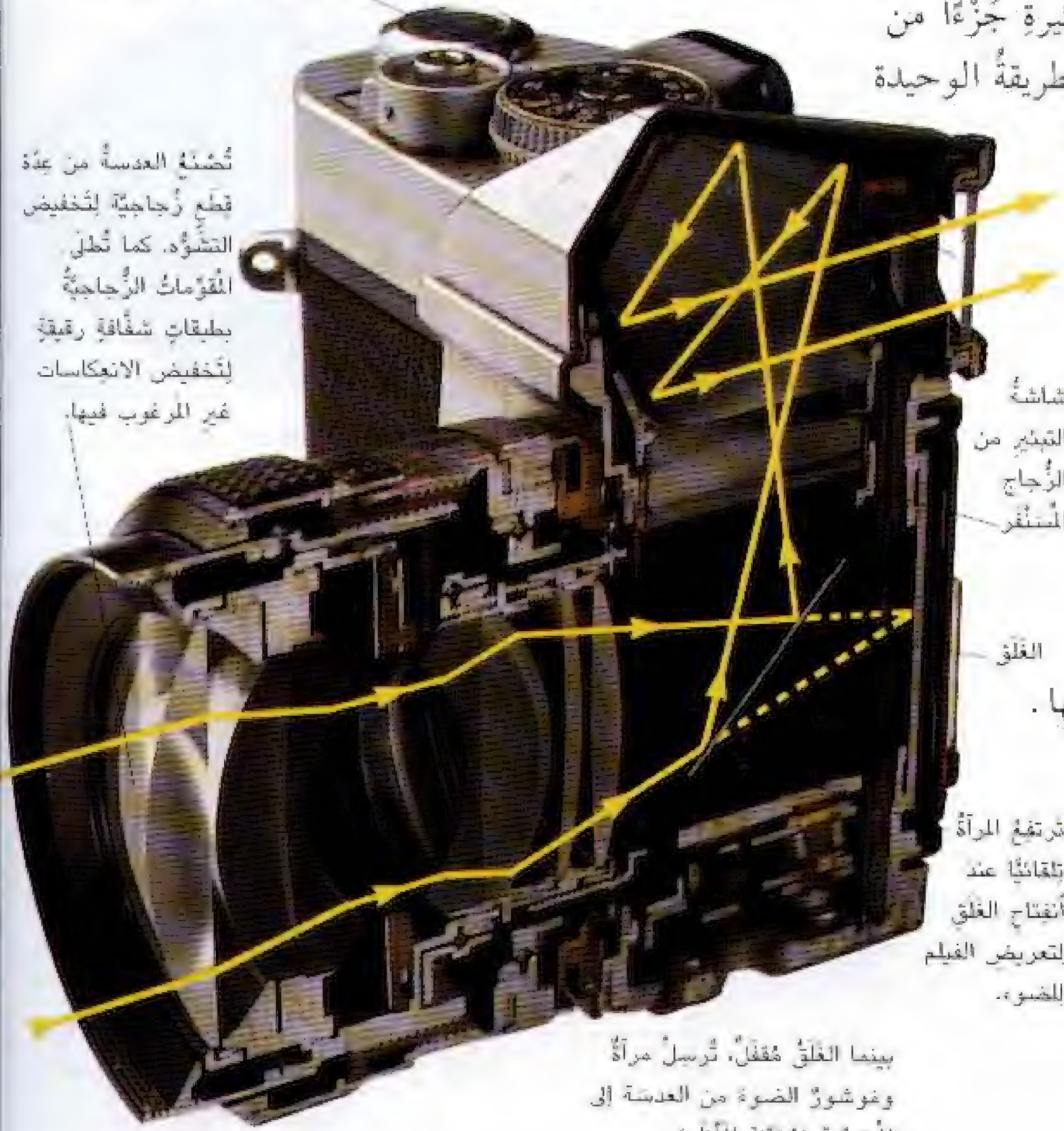
القيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢  
العدسات ص ١٩٧  
الألوان ص ٢٠٢  
التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦  
الجواس ص ٣٥٨



# التصوير الفوتوغرافي

المصوِّبة (مُعَيَّنَةُ الْمَنْظَرِ)

تُصْنَعُ الْعَدْسَةُ مِنْ بَعْضِ  
قِطَعِ زُجَاجِيَّةٍ لِتُخَفِّضَ  
التَّشَوُّهَ، كَمَا تُطْلَى  
الْمَقْوَمَاتُ الزُّجَاجِيَّةُ  
بِطَبَقَاتٍ شَفَافَةٍ رَقِيْقَةٍ  
لِتُخَفِّضَ الانْعِكَاسَاتِ  
غَيْرِ الْمَرْغُوبِ فِيهَا.



بينما الغلق مُقْفَلٌ، تُرْسِلُ مِرْآةُ  
وغوشورُ الضوء من العدسة إلى  
المصوِّبة (مُعَيَّنَةُ الْمَنْظَرِ).

تُشَكِّلُ صُورُ الْأَخْبَارِ وَالرَّحَلَاتِ وَالذَّعَايَاتِ وَالْأَزْيَاءِ الْمُثِيرَةِ جُزْءًا مِنْ  
حَيَاتِنَا اليَوْمِيَّةِ، حَتَّى صَارَتْ شَيْئًا عَادِيًّا مَأْلُوفًا. وَكَانَتِ الطَّرِيقَةُ الْوَحِيدَةُ  
لِتَسْجِيلِ الْمَشَاهِدِ، حَتَّى الْقَرْنِ الْتَاسِعِ عَشَرَ، هِيَ رَسْمُهَا  
بِأَقْلَامِ الْقَحْمِ وَالْجَبْرِ وَالشَّمْعِ أَوْ تَصْوِيرُهَا بِالذَّهَانَاتِ  
الْمُلَوَّنَةِ. وَفِي عَامِ ١٧٢٧، اكْتَشَفَ الطَّبِيبُ الْأَلْمَانِي،  
جُوهَانُ شُولْتِرْ، أَنَّ نِتْرَاتِ الْفِضَّةِ يَقْتُمُّ لَوْنُهَا عِنْدَ تَعْرِيزِهَا  
لِلضَّوْءِ. لَكِنْ لَمْ يَتَمَّ تَحْضِيرُ أَوَّلِ صُورَةٍ فُوتُوغْرَافِيَّةٍ إِلَّا  
حِينَ نَجَحَ الْفَرَنْسِيُّ، جُوزِيفُ نِيْسْ، فِي تَسْجِيلِ أَوَّلِ  
صُورَةٍ كِيمُوْضَوِيَّةٍ. وَقَدْ ظَهَرَتِ الصُّورُ الْفُوتُوغْرَافِيَّةُ  
الْأُولَى بِظِلَالٍ رَمَادِيَّةٍ فِضِّيَّةٍ خَافِتَةٍ، وَلَمْ تُكُنْ تُرَى إِلَّا  
مِنْ زَوَايَا مُعَيَّنَةٍ فَقَطْ. لَكِنْ كَسَائِرُ الْاِكْتِشَافَاتِ الْعِلْمِيَّةِ  
الْأُخْرَى، ظَلَّ الْعَمَلُ جَارِيًا مِنْ قِبَلِ الْكَثِيرِينَ عَلَى تَحْسِينِهَا.  
وَبِالْإِمْكَانِ الْيَوْمَ رَسْمُ صُورٍ فُوتُوغْرَافِيَّةٍ إِلِكْتَرُونِيَّةٍ عَلَى  
أَسْطُوْنَاتٍ حَاسُوبِيَّةٍ بِاسْتِخْدَامِ كَامِيرَا الْفِيدِيُو السَّائِكَةِ.  
فَحَقَّقَ «التَّصْوِيرُ الضَّوِّيُّ» بِذَلِكَ خَطَوَاتٍ مُهِمَّةً.

## الكاميرا

تَعْمَلُ جَمِيعُ الْكَامِيرَاتِ بِتَرْكِيزِ الْكَمِيَّةِ الْمَلَاتِمَةِ مِنَ الضَّوْءِ عَلَى فِيلْمٍ فُوتُوغْرَافِيٍّ  
لِتَكُونِ الصُّورَةُ. وَيُمْكِنُ تَغْيِيرُ هَذِهِ الْكَمِيَّةِ بِتَعْدِيلِ الْفُتْحَةِ - وَهِيَ الثَّقْبُ الَّذِي يَمُرُّ  
الضَّوْءُ مِنْ خِلَالِهِ، وَبِتَغْيِيرِ زَمَنِ التَّعْرِيزِ - وَهُوَ الْمُدَّةُ الَّتِي يَبْقَى الْعَلَقُ خِلَالَهَا  
مَفْتُوحًا لِتَمْرِيرِ الضَّوْءِ. وَيَحْوِي الْكَثِيرُ مِنَ الْكَامِيرَاتِ، كَهَذِهِ الْكَامِيرَا  
الْحَدِيثَةِ ذَاتِ الْعَدْسَةِ الْعَاكِسَةِ الْمُفْرَدَةِ، مَقَايِيسَ كَهَرَضَوِيَّةٍ مُبَيَّنَةٍ  
تَضْبِطُ التَّوَافِقِيَّةَ الصَّحِيْحَةَ لِزَمَنِ التَّعْرِيزِ وَفُتْحَةِ  
الْكَامِيرَا أَوْتُومَاتِيًّا.



## القَمْرَةُ الْمُظْلِمَةُ

صُمِّمَتِ الْكَامِيرَاتُ الْأُولَى عَلَى نَسْقِ  
الْقَمْرَةِ (الْحُجْرَةِ) الْمُظْلِمَةِ. وَكَانَتْ هَذِهِ  
تَتَأَلَّفُ مِنْ حُجْرَةٍ مُظْلِمَةٍ تُعْرَضُ فِيهَا  
صُورُ الْمَنَاطِرِ الطَّبِيعِيَّةِ الْمَحِيطَةِ مُسْقِطَةً  
مِنْ خِلَالِ عَدْسَةٍ. وَرُغْمَ كَوْنِهَا وَسِيلَةً  
نَسْلِيَّةً نَاجِحَةً فِي زَمَانِهَا، فَإِنَّهُ لَمْ يَكُنْ  
بِالْإِمْكَانِ تَسْجِيلُ صُورِهَا.



## شَكْلُ وَحَجْمُ الْأَفْلَامِ

كَانَتِ الصُّورُ الْفُوتُوغْرَافِيَّةُ الْأُولَى تُسَجَّلُ عَلَى صَفَائِحَ مَعْدِنِيَّةٍ أَوْ زُجَاجِيَّةٍ.  
أَمَّا الْأَفْلَامُ الْحَدِيثَةُ الْمَدَانِيَّةُ الْمَرْتَنَةُ فَهِيَ أَكْثَرُ تَنَوُّعًا وَأَدَقُّ تِقَانَةً، وَتُصْنَعُ  
بِمَقَاسَاتٍ وَشُرَعَاتٍ وَاسِعَةٍ الْمَدَى لِثَلَاثَةِ الْأَغْرَاضِ الْمُخْتَلِفَةِ. إِنَّ سُرْعَةَ الْفِيلْمِ  
هِيَ مَقْيَاسٌ لِكَمِيَّةِ الضَّوْءِ الَّتِي يَجِبُ أَنْ تَسْقُطَ عَلَيْهِ لِلتَّعْرِيزِ الصَّحِيْحِ.  
فَالْأَفْلَامُ السَّرِيعَةُ يَلْزُمُهَا زَمَنُ تَعْرِيزٍ قَصِيرٌ، مِمَّا يَكْفُلُ عَدَمَ تَضْبُّبِ الصُّورَةِ  
مَعَ اهْتِزَازِ الْكَامِيرَا. أَمَّا الْأَفْلَامُ الْأَبْطَأُ فَتُسَجَّلُ تَفَاصِيلُ أَكْثَرِ لَأَنَّهَا يَهْدَا  
التَّعْرِيزِ تَكُونُ حَيَّيَاتٍ فِضِّيَّةً أَدَقَّ.

يُستخدَمُ مُصَوِّرُو

الاستوديوهات صفائح

فيلمية كبيرة القطعة

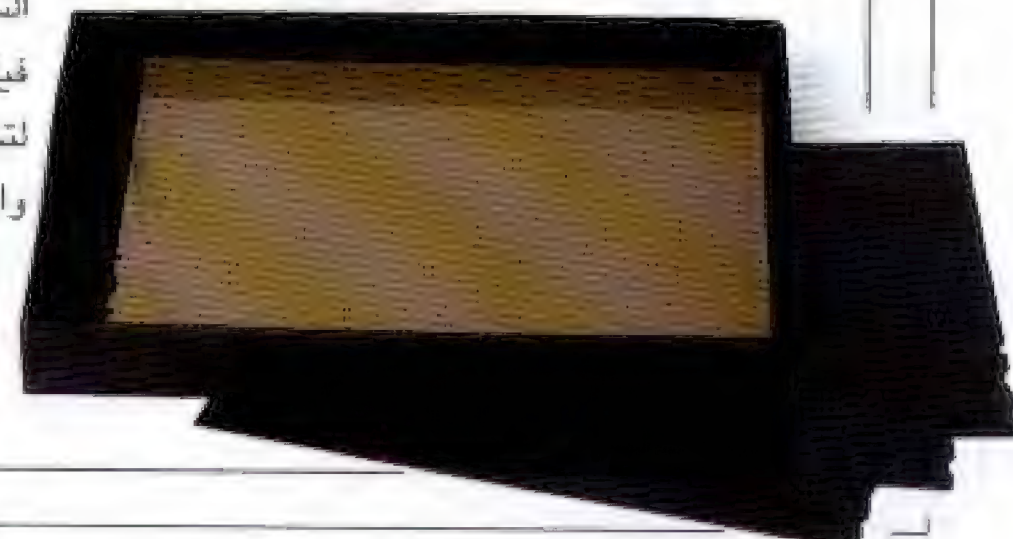
لتسجيل صور

واضحة المعالم جدًا.

الأفلام الملقوفة بعرض

٣٥ ملم هي أكثر

الأحجام الفيلمية شيوعًا.



## الكاميرا ذات الثقب

أَبْسَطُ الْكَامِيرَاتِ عَلِيَّةٌ مُقْفَلَةٌ ذَاتُ ثَقْبٍ  
صَغِيرٍ، بِدَلَا مِنْ الْعَدْسَةِ، يَمُرُّ الضَّوْءُ بِاتِّجَاهِ نِشَارَةٍ  
فِي مَوْخَرِ الْعَلْبَةِ. الصُّورَةُ تَكُونُ غَالِيًا مُشَوَّشَةً،  
وَيَتَطَلَّبُ تَعْلِيمُهَا أَوْقَاتُ تَعْرِيزٍ طَوِيلَةٌ



الصورة مقلوبة  
رأسًا على عقب.



## حُجْرَةٌ مُظْلِمَةٌ

فيلم التصوير مُطَبَّقٌ بِكِيمَاوِيَّاتٍ حَسَّاسَةٍ لِلضَّوءِ؛  
لِذَا يَجِبُ تَظْهِيرُ الْفِيلْمِ وَطَبْعُهُ فِي حُجْرَةٍ  
مُظْلِمَةٍ. تَتَطَوَّى طَرِيقَةُ إِنتَاجِ صُورَةٍ  
فُوتُوغَرَفِيَّةٍ بِالْأَبْيَضِ وَالْأَسْوَدِ عَلَى  
مَرَحَلَتَيْنِ - وَفِي كُلِّ مَرَحَلَةٍ عِدَّةُ خَطَوَاتٍ.  
عِنْدَ تَظْهِيرِ فِيلْمِ الصُّورِ الْمَطْبُوعَةِ نَحْصُلُ  
أَوَّلًا عَلَى صُورَةٍ سَلْبِيَّةٍ، ثُمَّ نَحْوُلُ هَذِهِ  
إِلَى صُورَةٍ مُوجِبَةٍ بِطَبْعِهَا عَلَى وَرَقَةٍ  
فُوتُوغَرَفِيَّةٍ.



### التظهير

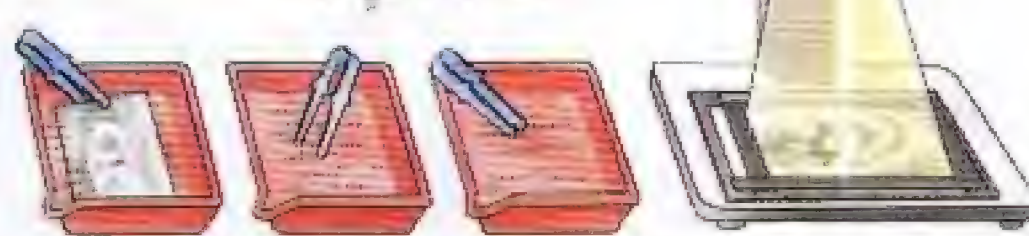
فِي الْحُجْرَةِ الْمُظْلِمَةِ يُخْرَجُ الْفِيلْمُ  
الْمُعْرَضُ مِنْ عَلِيَّتِهِ وَيُلْفَى عَلَى  
بَكْرَةٍ؛ ثُمَّ يُغْمَسُ فِي مَعْيِشٍ يَحْوِي  
كِيمَاوِيَّاتٍ تُظْهِرُ الصُّورَةَ. بَعْدَ ذَلِكَ  
يُسْطَفَقُ الْفِيلْمُ  
بِالْمَاءِ وَتُضَافُ  
إِلَيْهِ كِيمَاوِيَّاتٌ  
أُخْرَى تُثَبِّتُ  
الصُّورَةَ.



### التكبير والطبع

يُمْكِنُ طَبْعُ السَّلْبِيَّةِ بَعْدَ شَطْفِهَا بِالْمَاءِ  
وَتَجْفِيفِهَا. فَيُوضَعُ فِي جِهَازِ التَّكْبِيرِ، ثُمَّ  
يُسَلَّطُ عَلَيْهَا نُورٌ سَاطِعٌ، فَتَكُونُ عَدْسَةُ  
الْجِهَازِ لَهَا صُورَةٌ مُكَبَّرَةٌ عَلَى وَرَقَةٍ حَسَّاسَةٍ  
لِلضَّوءِ. بَعْدَ ذَلِكَ تُظْهِرُ الطَّبْعَةُ الْمَكْبَرَةُ  
وَيَجْرِي تَثْبِيثُهَا بِالطَّرِيقَةِ نَفْسِهَا كَمَا الْفِيلْمُ.

الْأَجْزَاءُ الْبَاقِيَّةُ مِنَ السَّلْبِيَّةِ  
تُخَرِّضُ ضَوْءًا أَقْلَ مِنْ  
الْأَجْزَاءِ الْاِفْتَحَاحِ لَوْنًا.



### مُعَالَجَةُ الْأَلْوَانِ

الْأَفْلَامُ الْمُلَوَّنَةُ تَعْمَلُ بِطَرِيقَةٍ مُشَابِهَةٍ لِأَفْلَامِ الْأَسْوَدِ  
وَالْأَبْيَضِ، لَكِنْ تُعْمَلُ الْفِيلْمُ الْمُلَوَّنُ ثَلَاثَ  
طَبَقَاتٍ، كُلُّ طَبَقَةٍ حَسَّاسَةٌ لِلْوَلَوْنِ وَاحِدٍ مِنَ الضَّوءِ  
- الْأَزْرَقِ أَوِ الْأَخْضَرِ أَوِ الْأَحْمَرِ. عِنْدَ مُعَالَجَةِ  
الْفِيلْمِ، تُضَافُ إِلَى طَبَقَاتِهِ أَصْبَاغُ الْأَصْفَرِ  
وَالْمَاجِنَا وَالسِّيَانِ، فَتُنتِجُ الصُّورَةَ بِكَامِلِ أَلْوَانِهَا.



### سَلْبِيَّةٌ مُلَوَّنَةٌ

### مُوجِبَةٌ مُلَوَّنَةٌ وَسَلْبِيَّةٌ مُلَوَّنَةٌ

هَنَالِكَ نَوْعَانِ مِنَ الْأَفْلَامِ الْمُلَوَّنَةِ، مُوجِبَةٌ  
وَسَلْبِيَّةٌ. فَعِنْدَمَا يُعَالَجُ الْفِيلْمُ الْمُلَوَّنُ الْمُوْجِبُ  
يُعِيدُ إِنتَاجَ الْأَلْوَانِ الَّتِي تَعْرَضُ لَهَا، وَيُعْطِي  
شَرِيحَةً شَفَافَةً مُوجِبَةً بِالْأَلْوَانِ. أَمَّا عِنْدَمَا يُعَالَجُ  
الْفِيلْمُ الْمُلَوَّنُ السَّلْبِيَّ فَإِنَّهُ يَنْتِجُ صُورَةً سَلْبِيَّةً تَحْوِلُ  
إِلَى صُورَةٍ مُوجِبَةٍ بَعْدَ طَبْعِهَا عَلَى وَرَقَةٍ فُوتُوغَرَفِيَّةٍ.



### مُوجِبَةٌ مُلَوَّنَةٌ

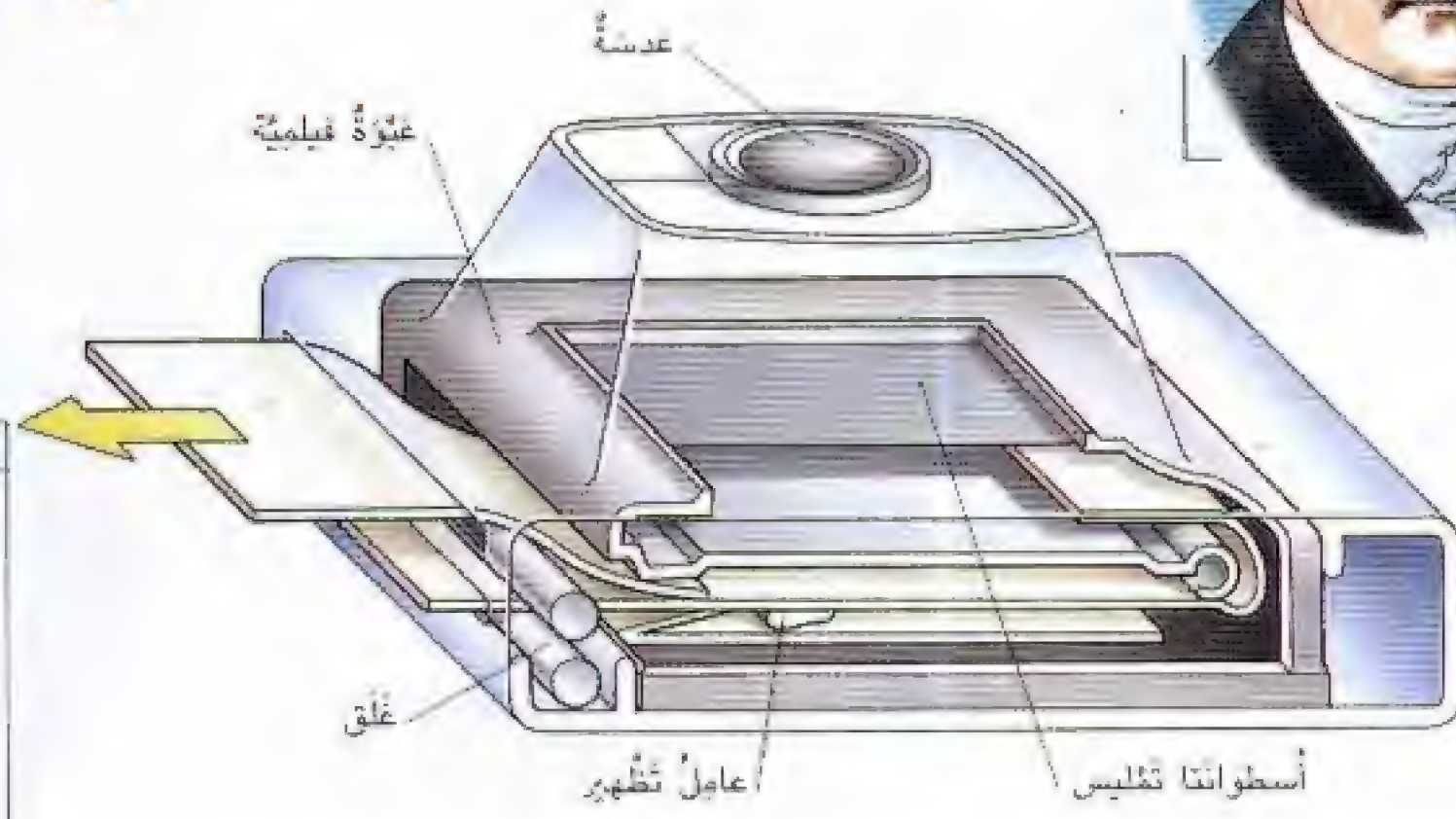


### جوزيف نِيْسَيس

حَقَّقَ جُوزَيْفُ نِيْسَيسُ (١٧٥٦-١٨٣٣) أَوَّلَ  
صُورَةٍ فُوتُوغَرَفِيَّةٍ حِينَ رَكَّزَ الْمُنْظَرُ، الَّذِي يُطَلُّ  
عَلَيْهِ نَافِلَتُهُ، عَلَى صَفِيحَةٍ مِنَ  
الْبُيُوتِرِ مَطْلُوعَةٍ بِالْقَارِ الْحَسَّاسِ  
لِلضَّوءِ، وَتَرَكَهَا تَتَصَلَّبُ لِمُدَّةٍ  
ثَمَانِي سَاعَاتٍ. غَيْرَ أَنَّ  
شَرِيكَهُ لُويْسَ دَاجِرَ (١٧٨٧-١٨٥١) طَوَّرَ فِيمَا  
بَعْدَ طَرِيقَةً أَكْثَرَ حَسَّاسِيَّةً  
(نَسَطَ دَاجِرَ) تَبْنِيٍّ فِي أَقْلٍ  
مِنْ دَقِيقَةٍ تَعْرِضُ.

### فيلم البُولَارُويد

يُنتِجُ فِيلْمُ الْبُولَارُويدِ صُورًا فُورِيَّةً. فَعِنْدَمَا  
يُسْحَبُ الْفِيلْمُ الْمُعْرَضُ لِلضَّوءِ مِنْ عِبْرَتِهِ  
الْفِيلْمِيَّةِ، تَضَعُظُ أَسْطَوَانَتَا التَّمْلِيسِ  
كِيمَاوِيَّاتٍ عَلَى سَطْحِهِ تُظْهِرُ الصُّورَةَ فِي  
حَوَالِي دَقِيقَةٍ. وَيَحْوِي الْفِيلْمُ ذَاتَهُ ثَلَاثَ  
طَبَقَاتٍ مُتَفَصِّلَةٍ، مِنْهَا ثَلَاثُ حَسَّاسَةٍ  
لِلضَّوءِ. وَخِلَالَ التَّظْهِيرِ تَنْشِيرُ أَصْبَاغُ  
السِّيَانِ وَالْأَصْفَرِ وَالْمَاجِنَا غَيْرَ الصُّورَةِ.



### لِزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الفِلْمَاتُ الْاِتِّقَالِيَّةُ ص ٣٦
- الهَالُوجِينَاتُ ص ٤٦
- العَدْسَاتُ ص ١٩٧
- الْأَلْوَانُ ص ٢٠٢
- الْإِبْصَارُ ص ٢٠٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٢



# السينما

كانت بدعة تسجيل الصور على أفلام حدثًا مثيرًا جعل الناس يتطلعون بتوق إلى تقصي سبل لتسجيل صور متحركة. وكان توماس أديسون أول من حقق ذلك عام ١٨٩٣، في أفلام لا تزيد مدتها على ١٥ ثانية، ولا تمكن مشاهدتها لأكثر من شخص واحد في وقت واحد، بواسطة مكنة تدعى الكينيتوسكوب أي مكشاف الحركة. وفي العام ١٨٩٥ تمكن الأخوان الفرنسيان أوغست ولويس لوميير من عرض صور متحركة على ستارة لأول مرة أمام نظارة. وكانت الأفلام الأولى رقافة صامتة وبألوان الأبيض والأسود. ولم تظهر أفلام هوليود الناطقة إلا عام ١٩٢٧. وفي الثلاثينيات دخلت الأفلام الملونة عالم السينما. واليوم أصبح خبراء الصناعة السينمائية، لا خبراء بارعين في عرض القصة فقط، بل أيضًا خبراء في مختلف مفاهيم علم الصوت والضوء المتعلقة بصناعتهم.

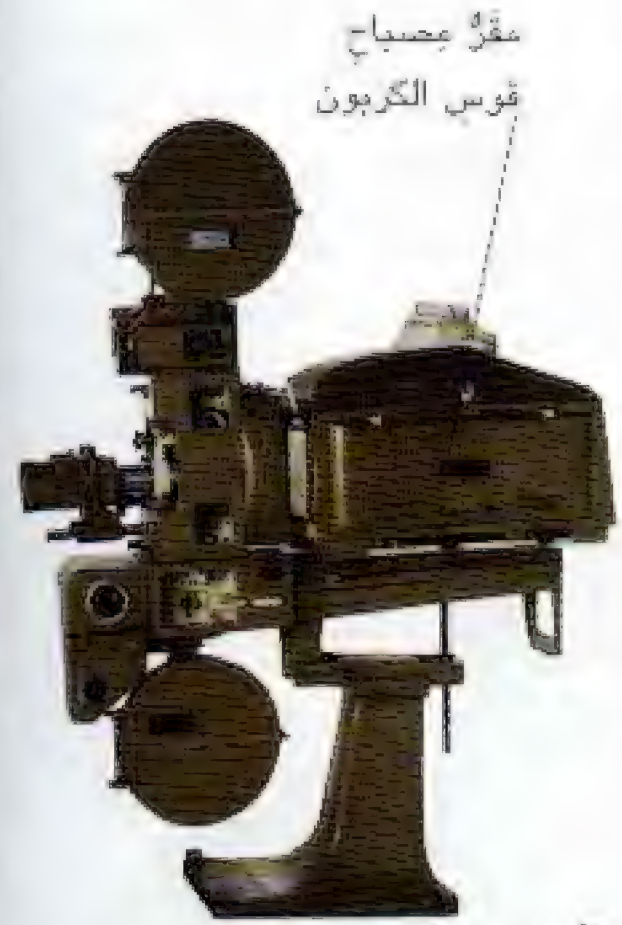


## الفيلم السينمائي

الفيلم السينمائي هو في الحقيقة سلسلة من الصور الساكنة تلتقط واحدها إثر الأخرى بسرعة. فالكاميرا السينمائية الحديثة تلتقط ٢٤ إطارًا (صورة) في الثانية. وعند عرض هذه الصور متتابعة بالمعدّل نفسه على الشاشة يراها المشاهد متحركة - إذ تظّل العين محتبّظة بالصورة حتى بعد مرورها.

## الكاميرا السينمائية

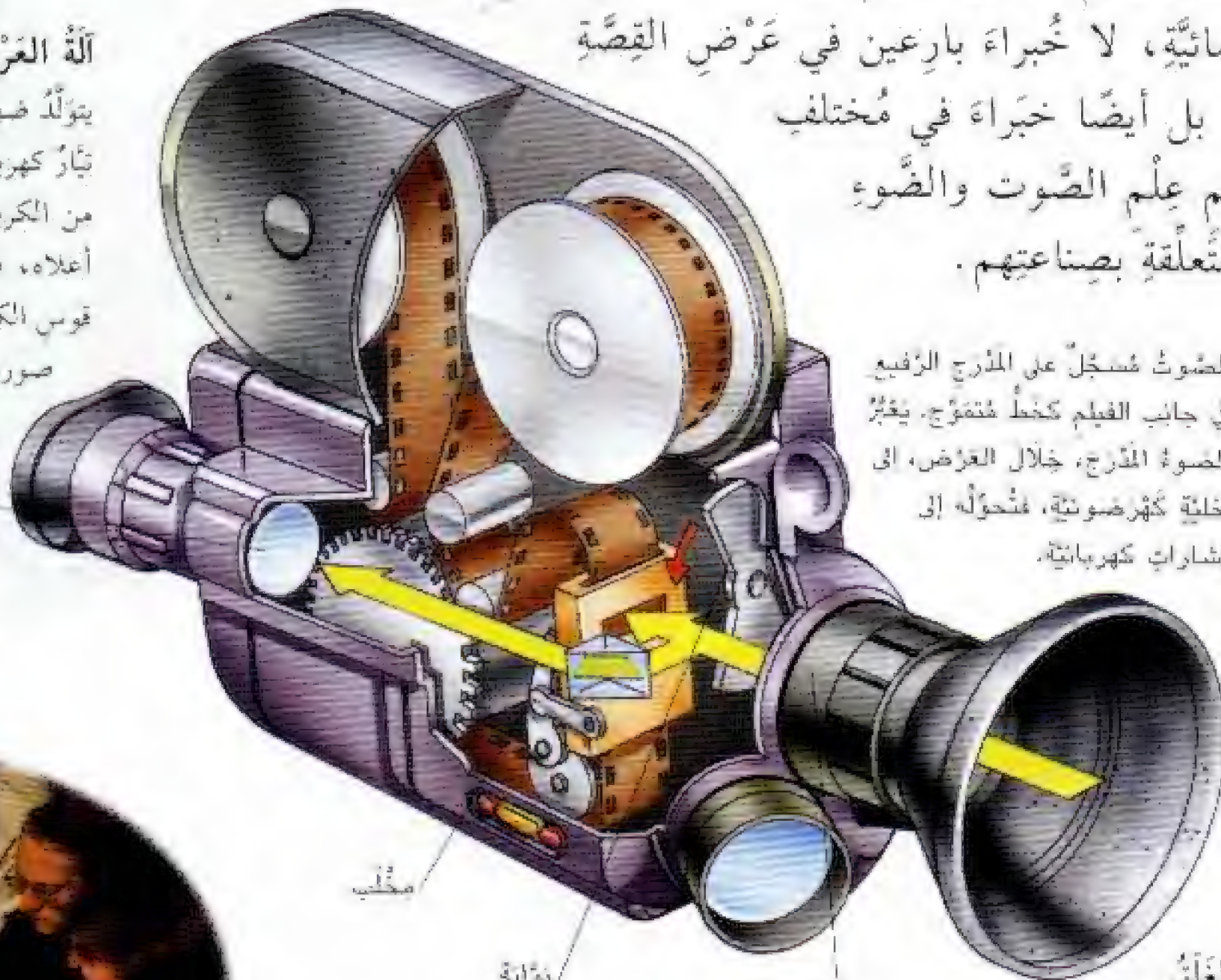
في الكاميرا السينمائية الشغالة، يدور الغلق - فتّحًا وغلقًا بالتناوب ٢٤ مرة في الثانية، عارضًا أطر الفيلم كحلّ إطار بدوره. فعندما يكون الغلق مغلّقًا، يشبك المحلّب بالشقوب في جانب الفيلم ويسحب الإطار التالي نحو البوّابة ليتمّ تعريضه. إن حركة المحلّب والفيلم النحيفة هي التي تسبّب الضجيج الآزار الذي تسمعه كلّما شغلت الكاميرا السينمائية أو آلة العرض.



## آلة العرض السينمائي

يتولّد ضوء أبيض بالغ الشدة عندما يسري تيار كهربائي عبر فجوة صغيرة بين قضيبين من الكربون. في آلة العرض السينمائي، أغلاه، طراز الخمسينيات، يُنتج مضاعف قوس الكربون ما يكفي من الضوء لإسقاط صورة ساطعة على شاشة كبيرة.

ينعكس الضوء على الغلق المقلّد ثمّ يتحوّل بواسطة المؤشور نحو المستوى بحيث يستطیع المصوّر مشاهدة الصورة.



الصوت مسجّل على المدرج الرفيع في جانب الفيلم كخط متفوّج. يغيّر الضوء المدرج، خلال العرض، إلى خلية كهروضوئية، فتحوّله إلى إشارات كهربائية.

تُبَارِ الصورة بتحريك العدسة نحو الفيلم أو بعيدًا عنه.

كانت الزوثرورب من الدّمي البصريّة الشائعة في القرن التاسع عشر.



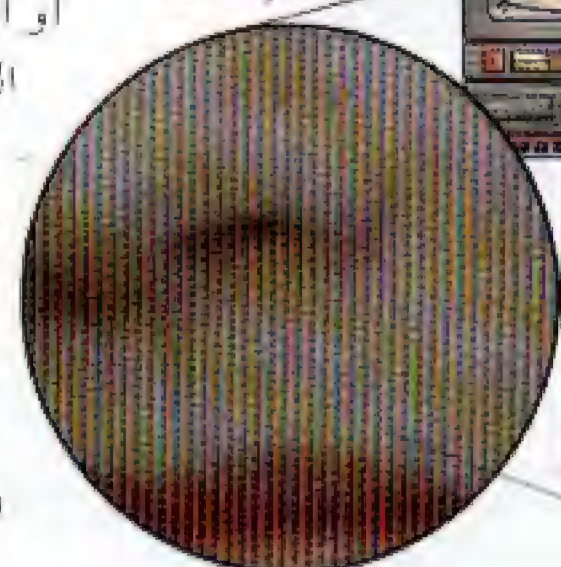
الزوثرورب (أسطوانة الأشكال المتحركة) كانت دمية

الزوثرورب تتألّف من أسطوانة مشقّبة بداخلها صفّ من الصور. تظهر كلّ واحدة منها لجزء من الثانية عبر شقّ من الشقوب كلّما دوّمت الأسطوانة. فإذا دوّمت الأسطوانة بسرعة كافية فإن الصور تتداخل بعضها مع بعض فتبدو كأنها تتحرّك.

## التلفزيون والفيديو

تتكوّن الحركة على ستارة التلفزيون أو الفيديو بطريقة مماثلة لتكوّنها على الفيلم السينمائي. إن معظم أجهزة التلفزيون تعرض صورة كاملة ٢٥ مرة في الثانية. وإذا تفحصت الصورة على شاشة التلفزيون بعدسة مكبرة يمكنك مشاهدة النقط الحمراء والخضراء والزرقاء التي تتألّف منها.

تتألّف الصورة من شقّ حثري وخضري وزرق.



تتخلّع النقط لتكوّن شقّة.

## لمزيد من المعلومات انظر

- التلفزيون ص ١٦٦
- تسجيل الصوت ص ١٨٨
- الضوء ص ١٩٠
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦



# الأرض

الأرض ثالث الكواكب المعروفة في المجموعة الشمسية من حيث البعد عن الشمس، وخامسها من حيث الحجم، والوحيد من حيث تواجد الحياة. تبدو الأرض للناظر من عل ككتلة من اليابسة والبحر والهواء؛ كلها عرضة للتغير تبعاً للتحركات داخل الأرض والطاقة المُبتعثة من الشمس. الدراسات الأرضية (الجيولوجية) مستمرة والعلماء

بالدراسة المُعقَّدة للمعادن، تتكشف لنا كيمياء الأرض والمواد المختلفة التي تُنتجها العمليات الجيولوجية. وهذه الدراسات تعرف بالعدانة أو علم المعادن.

يُحققون باستمرار اكتشافات جديدة. وقد تفرَّع علم الأرض (الجيولوجية) في القرن العشرين من وصف ودراسة الصخور إلى دراسة مختلف العلوم المتعلقة

تكوُّن المعادن المختلفة الأنواع صخوراً مُتباينة. وتُستخدم صخور مختلفة في تشييد المباني ورصف الطرق، أو كمواضع أولية في صناعة الكيماويات، وعلم الصخور هو واحد من علوم الأرض.

بتركيبها ومظاهرها وتاريخها وتطورها فيما يُسمى «علوم الأرض». وينضوي في هذه العلوم بعض من التقانات الحديثة والكيمياء والفيزياء

تُشاهد ناطحات السحاب من الحجارة الصخرية مُدعَّمة بهياكل من الفولاذ المُستخرج من خامات الحديد؛ ويُصنَّع زجاج نوافذها من الرمل؛ ويُستخدم النفط لتشغيل مكائن البنزين. الجيولوجية الاقتصادية تُستخدم المبادئ الجيولوجية لاكتشاف المواد ذات الجدوى العملية.

والبيولوجية والعلوم التطبيقية المختلفة؛ وهي بمجموعها تُسهم في زيادة معرفتنا عن الكوكب الذي نعيش فيه.

تُتبعي دراسة بُنية الصخور للتأكد من أحياليتها قبل إرساء أساس المباني عليها، وقبل حفر الأنفاق عبر الجبال التي تُكوِّنها، وتعالج الجيولوجية البيئية طبيعة تحركات الصخور وتغيُّر أشكالها.

يعتمد موقع المزرعة أو المدينة على جغرافية المنطقة وطبيعة الأرض فيها. ويُعالج علم شكل الأرض (الجيومورفولوجية) دراسة شكل الأرض وتضاريسها الطبيعية الناتجة عن نوعية الصخور وبنيتها.

علم الأرض يشمل دراسة الذرات والجزيئات في الكيمياء الجيولوجية كما دراسة المجرات في علم الكونيات. لقد تجمَّع لدينا في هذه المجالات كم هائل من المعلومات عن الأرض، أسهم فيه الجغرافيون والجيولوجيون وعلماء المحيطات والمناخيون والفلكيون وغيرهم. ويقوم العلماء المختصون تدريجياً بدراسة هذه الحقائق الجديدة وإيجاد العلائق السببية بينها لتكون صورة واضحة عن بنية الأرض وتطورها عبر العصور.

## علم الأرض



خارطة العالم هذه  
مُؤرَّخة ١٥٩٨، في  
أنتويرب (بلجيكا).

### الخرائط القديمة

في القرنين الخامس عشر والسادس عشر نشطت الاكتشافات. فأُلغى البحار من أوروبا في اتجاهات مُعدَّدة لاكتشاف بلاد جديدة، أو لتوسيع إمبراطورياتهم التجارية، أو للإبحار حول الكرة الأرضية. وكان ما شاهدوه في رحلاتهم، وما جمَّعوه من نماذج وعينات، وما عادوا به من أخبار وروايات أساساً لمختلف المفاهيم القديمة عن الأرض.



يمكننا المقارنة بين جيولوجية كوكبنا وبين جيولوجية جاراته الأقرب، والمقابلة بين المراحل التاريخية التي مرَّت بها. ومجال هذه الدراسة هو علم الكواكب.

### أفكار قديمة حول الأرض

كان بعض الهندوس، منذ حوالي ١٥٠٠ سنة، يعتقدون أنَّ الأرض محمولة فوق أربعة فيلٍ واقفة على ظهر لجامٍ عملاقة. إنَّ خرافات كهذه، عن كيفية نشأة الأرض، هي جزء من التقاليد والأفكار العلمية القديمة في كلِّ الحضارات. ومع تقدُّم العلم والتقانات، تقدَّمت مفاهيمنا عن الأرض وكيفية نشأتها. والأبحاث والتجارب الجارية والمستمرة تُقربنا أكثر فأكثر نحو تفهُّم طبيعة كوكبنا وكلِّ ما يحتويه.



# تكوُّن الأرض

النظرية المتجانسة هي أولى النظريتين حول كيفية تكوُّن الأرض.

النظام الشمسي بدأ  
كأسطوانة ممدومة من  
الغاز والغبار.

بفعل الجاذبية، تجمعت جسيمات من  
جميع الأحجام بعضها مع بعض في  
كرات آت في النهاية إلى كواكب.

منذ حوالي ٥٠٠٠ مليون سنة، لم تكن الأرض سوى سحابة من الغاز  
والغبار تدوم في الفضاء؛ كجزء صغير من سحابة هائلة أكبر منها  
بكثير. ثم تكتلت معظم مواد تلك السحابة الضخمة وتمركزت في  
الوسط لتكوُّن الشمس. وبدأت حلقات من المواد، عبر باقي  
السحابة، تتجمع معاً لتكوُّن الكواكب؛ وكان كوكب الأرض  
أحدها. والأرض، ككل الكواكب، ذات بنية طبقية - موادها الأخف  
في الطبقات الخارجية والمواد الأثقل في اللب. وتُسببان حركة  
تدويم السحابة الأصلية بكليتها من نمط تحرك الأرض حالياً.

جسيمات الحديد  
والنيكل الثقيلة غاصت  
نحو المركز؛ وظلت  
الجسيمات الأخف في  
الطبقات الخارجية.

النظرية الثانية حول تكوُّن  
الأرض هي النظرية المتغايرة.

النظام الشمسي بدأ  
كأسطوانة ممدومة  
من الغاز والغبار.

تجاذبت جسيمات الحديد  
والنيكل الأثقل بعضها مع  
بعض بفعل الجاذبية  
لتكوُّن اللب الثقيل في  
الكواكب. ونتيجة لكل  
الكواكب الضخمة أضى  
لها قوة جاذبية قوية.

الجسيمات الأخف (كالكسليكات،  
مثلاً) انجذبت إلى خارج اللب الثقيل  
للكوكب؛ فيما تجمعت الغازات  
الخفيفة جداً لتكوُّن جو الكوكب.

## نظريتان في تكوين الكواكب

لم يتوصل العلماء بعد إلى تصور موثوق لكيفية تصلب سحابة  
ممدومة من الغاز والغبار لتكوُّن الأرض. فهناك في هذا  
الشان نظريتان: الأولى، النظرية المتجانسة، وهي تفترض  
أن المواد التي كوَّنت الأرض قد تكتلت معاً ثم انفصلت  
إلى طبقات مختلفة، أخفها في الطبقة العليا. أما الثانية،  
وهي النظرية المتغايرة، فتفترض أن اللب تكوُّن أولاً من  
المواد الثقيلة، ثم تجمعت المواد الأخف حوله.

يتكوَّن الدرع القاري المسطح، المسمى  
سيف القارة، بتجمع غطاء من  
الرسابات التي لم تتغير اضطرابات.

### القشرة القارية

تتكوَّن جبال جديدة  
بتعفن القارة تحت  
ضغط القشرة المحيطية.

القشرة المحيطية المنصهرة الصاعدة  
عبر القارة تُكوِّن البراكين.

### القشرة القارية

طبقة الأرض الخارجية، التي تُشكِّل الكتل اليابسة،  
تُسمى القشرة القارية. وتتكوَّن في معظمها من صخور  
قديمة إضافة إلى مواد جديدة تكتلت كسلاسل جبلية  
حول الحواف. ويُستبان التاريخ المعقد لكل قارة من  
بنيتها المعوجة المتكسرة. تتألف القشرة القارية  
بصورة رئيسية من السليكا والألمنيوم (السيال).

تتجمد الصهارة الصخرية  
مكونة طبقة صخرية كثيفة.

القشرة المحيطية الأقدم والأعمق  
هي الأبعد عن الحيد المحيطية.

### القشرة المحيطية

حيد محيطي

البراكين عند الحيد المحيطية  
تدفع الصهارة الصخرية إلى أعلى.

### القشرة المحيطية

طبقة الأرض الخارجية في قاع  
المحيطات تُسمى القشرة المحيطية،  
وهي دائمة التكوُّن بفعل البراكين التي  
تدفع الصهارة الصخرية إلى أعلى عند  
الحيد المحيطية. وتُدمر القشرة العتيقة  
مُتناهية سقلاً في الأخاديد المحيطية.  
تتألف القشرة المحيطية بصورة رئيسية  
من السليكا والمغنسيوم (السيما).



في النصف الشمالي من الكرة الأرضية يكون الفصل صيفاً حين يواجه القطب الشمالي الشمس مباشرة، فيكون فيه نهاراً دائماً، ويتعكس الحال في القطب الجنوبي حيث الفصل شتاءً والظلام دائماً.

في ربيع النصف الشمالي من الكرة الأرضية يتلقى القطبان الشمالي والجنوبي الكمية نفسها من ضوء الشمس، فيساوي الليل والنهار فيهما.



**تدويم مائل**  
تدويم الأرض حول محورها وهيي تمتد بين قطبيها الشمالي والجنوبي، مائلاً عن العمودي على مستوى فلك البروج بمقدار ٢٣ ١/٢ درجة - فالأرض تدور حول الشمس مائلة بهذا المقدار.

**الفصول**  
دوران الأرض مائلة حول الشمس له تأثير بالغ في حياتنا، لأنه السبب في اختلاف الفصول. فحيناً يكون اتجاه القطب الشمالي بعيداً عن الشمس، وحيناً آخر يكون في اتجاهها - وهذا يحدث التغيرات المناخية الفصليّة. المناطق المناخية لخط الاستواء قليلة التأثير بميل محور الأرض، لذا فمناخها أكثر استقراراً.

يكون الفصل شتاءً في النصف الشمالي من الكرة الأرضية حين يتجه القطب الشمالي بعيداً عن الشمس، فيكون فيه ليلاً دائماً، ويتعكس الحال في القطب الجنوبي حيث الفصل صيفاً والنهار دائماً.

خريف النصف الشمالي من الكرة الأرضية يقابله ربيع في النصف الجنوبي، ويساوي طول النهار فيهما.

## الأرض تدوم وتدور

قد يترأى لك أن الأرض ساكنة، لكنها في الواقع تدوم باستمرار حول محورها (المتعامد مع خط الاستواء) مرة في اليوم. وهي في الوقت نفسه تدور حول الشمس متممة الدورة الكاملة في سنة. تدويم الأرض حول محورها بسبب تعاقب الليل والنهار - فعندما يواجه جزء الأرض، الذي أنت فيه، الشمس يكون نهاراً، وحين يديرها يكون ليلاً. كذلك فإن دوران الأرض حول الشمس (مائلة المحور على فلك البروج) يسبب تعاقب الفصول.

تدوم الأرض حول محورها المار عبر القطبين الجغرافيين - الشمالي والجنوبي.

تتم الأرض دورة كاملة حول الشمس في ٣٦٥ يوماً.

محور الأرض متعامد مع خط الاستواء - كما الحال في كل الكواكب.

## السنوات الأطول!

إن تدويم الأرض حول محورها يتباطأ قليلاً جداً جداً تدريجياً؛ وذلك بسبب احتكاك المد والجزر في جرمها الماء جنة وذهاباً حول سطحها. وباحتساب عدد أيام السنة من خطوط نمو المرجان، يُقدّر العلماء أنه قبل ٤٠٠ مليون سنة كان عدد أيام السنة ٤٠٠ يوم. وسبب ذلك أن تدويم الأرض كان أسرع حينئذٍ مما يجعل الأيام أقصر.

يُتوقع أن يقل انتفاخ الأرض حول وسطحها عندما يتباطأ تدويمها بعد بضعة آلاف مليون سنة.

زاوية ميلان الأرض تساوي ٢٣ ١/٢°.

## البطن المتفتح

الأرض ليست كروية الشكل تماماً، بل هي متفتحة قليلاً في الوسط. فيفعل التدويم تحريك المناطق عند خط الاستواء بسرعة أكبر من مناطق القطبين. وكلما ازدادت سرعة الدوران، تزداد القوة النابذة التي تدفع بالمواد بعيداً عن مركز الدوران. (وهذا ما يحدث عندما تدوم فتاة حول نفسها فتشعر جدرانها شحراً نحو الخارج). أي إن الأرض تُدفع نحو الخارج أكثر حول وسطها.

قطر الأرض الأفقي عبر خط الاستواء يتر في مركز الأرض. وهذا القطر أطول من القطر العمودي بين القطبين بحوالي ٤٤ كم؛ وهي كمية قليلة نسبياً إذا علمنا أن طول قطر الأرض الاستوائي يقارب ١٢٧٠٠ كم.

## لمزيد من المعلومات انظر

- المغناطيسية ص ١٥٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- أصل الكون ص ٢٧٥
- الأرض ص ٢٨٧



# بنية الأرض

كما قشرة التفاحة تولف غلافًا رقيقًا خارجيًا، هكذا القشرة من سطح الأرض بالمقارنة مع الطبقات تحتها. إن حجم الأرض الهائل يجعل طريقة الحفر عديمة الجدوى في الكشف عن حقيقة ما يتواجد في باطنها. لذا يلجأ العلماء إلى وسائل أخرى لتحقيق ذلك. فمعظم معلوماتنا عن باطن الأرض مُستمد من دراسة سلوك موجات الزلازل في مرورها عبر الأرض. وهكذا أستطاع علماء الجيولوجية على مدى السنين، تكوين صورة لأرض متعددة الطبقات ذات مركز معدني جامد مُحاط بمواد أخف وزناً. وبتزايد معلوماتنا عن بنية الأرض، يزداد إدراكنا للطريقة التي تعمل بها.

طبقة الأرض الخارجية تتألف من القشرة وقسم من الدثار العلوي - وهما يُشكّلان مع الغلاف الصخري.

## طبقات الأرض

الدثار العلوي جامد يحوي طبقة رخوة تسمى الغلاف الصخري؛ وهو يختلف عن الدثار السفلي بأنواع المعادن التي يحتويها.



يبلغ سمك القشرة الأرضية ٦ كم تحت المحيطات و ٣٥ كم تحت اليابسة.

الأمواج الزلزالية الأولية (السرعية) المكتشفة في هذه المنطقة تعرضت للانكسار باختلاف كثافة وسمك الدثار واللّب.

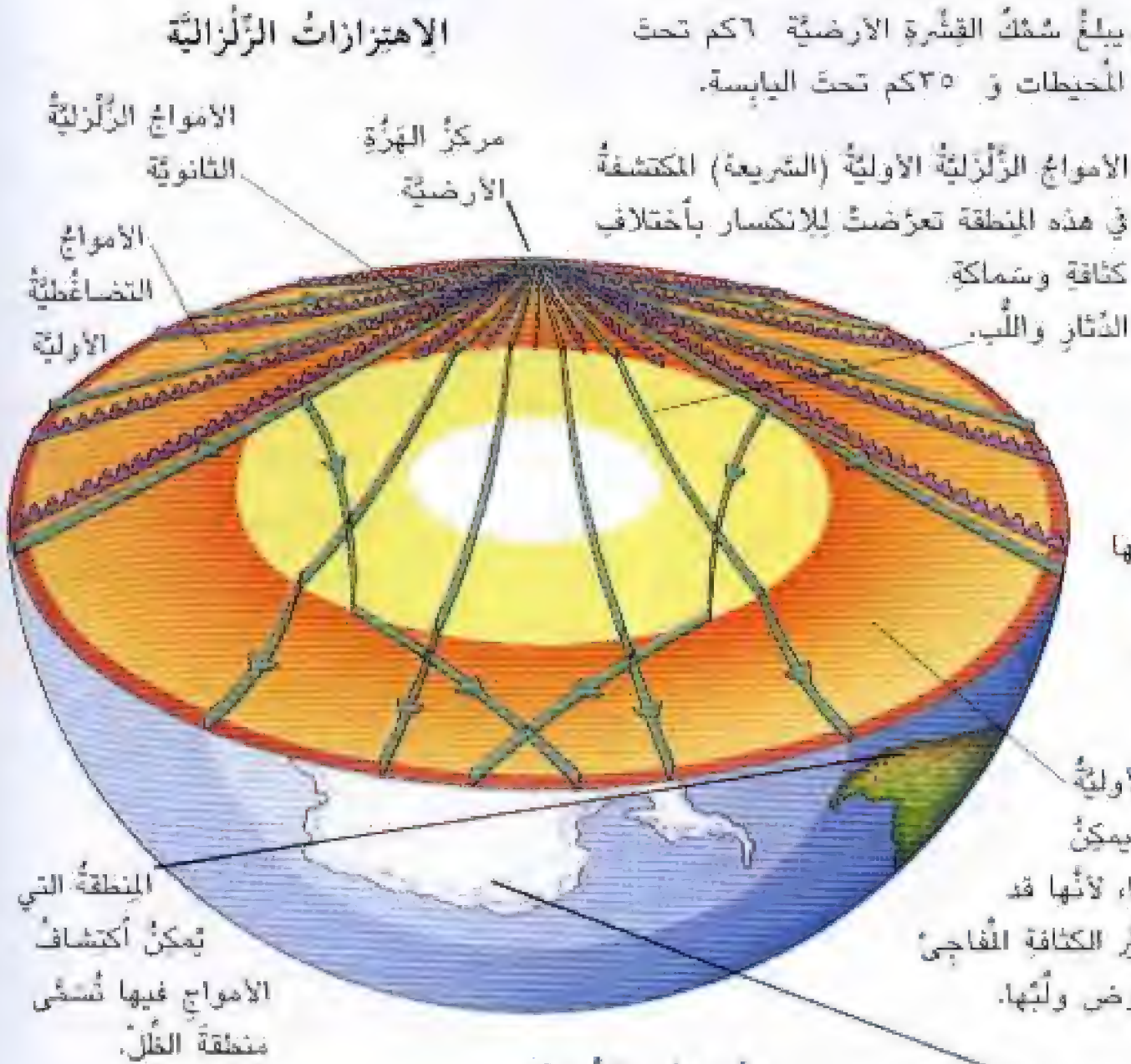
طبقة الأرض الوحيدة السائلة هي اللّب الخارجي، ويبلغ سمكها ٢٠٠٠ كم. وهي تتألف من الحديد والنيكل وربما مواد أخرى كالإيريت.

يبلغ سمك الدثار ٢٩٠٠ كيلومتر. القسم الأسفل من الدثار يُؤلّف القسم الأعظم من الأرض، ويتكوّن من مواد صخرية من المعادن السليكاتية.

يبلغ سمك اللّب الداخلي الجامد ١٣٧٠ كم؛ ويتألف من الحديد والنيكل. وهو يبقى جامدًا بالرغم من حرارته الشديدة، بفعل الضغط الهائل عليه.

## طبقة فوق طبقة

تتألف الأرض من ثلاث طبقات رئيسية هي القشرة والدثار واللّب. فالقشرة، أو الطبقة الخارجية، رقيقة صلبة تتألف في معظمها من الصّخور. والحرارة من باطن الأرض تسبّب انصهار بعض الصّخور في الدثار - في حين يبقى الصّخر جامدًا في طبقاته السفلى بفعل الضغط الداخلي الأعظم. أما مركز الأرض، أو اللّب، فيتألف من طبقة خارجية سائلة تلت طبقة داخلية معدنية جامدة.



## الأمواج الزلزالية

الأمواج الزلزالية هي الاهتزازات التي تسببها الهزات الأرضية؛ فتسري عبر باطن الأرض، ويمكن تسجيلها بالأجهزة الحساسة. هنالك نوعان من هذه الأمواج: الأمواج الأولية السريعة الحركة والأمواج الثانوية البطيئة. إن فارق الوصول بين نوعي الأمواج هذين، يوفر لعلماء الجيولوجية معلومات قيمة حول مركز الزلزلة. كذلك فإن انكسار هذه الأمواج عبر المواد المختلفة يكشف نوعيّة التغيّرات في باطن الأرض.

الأمواج الثانوية لا تستطيع عبور اللّب السائل، فتُحجّر في هذه المنطقة؛ بينما تعبر الأمواج الأولية.

## الموهو

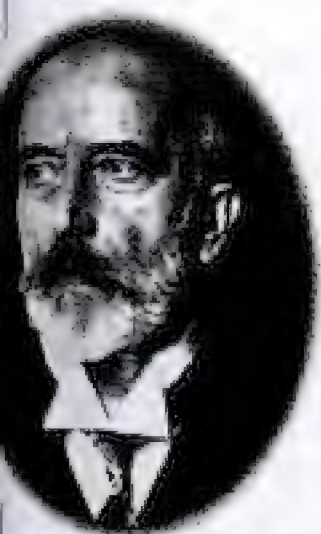
يُعرف الحد الفاصل بين قشرة الأرض والدثار بالانقطاع الموهوروفيشكي أو الموهو - نسبة إلى الجيولوجي البوغوسلافي أندريا موهوروفيشيك (١٨٥٧-١٩٣٦) الذي اكتشفه عام ١٩١٠. درس موهو في براغ (تشيكوسلوفاكيا) ودرس في زغرب ببوغوسلافيا. وقد لاحظ أن أمواج الزلازل تتغيّر عند مرورها عبر الطبقتين.



إن مقارنة عمق أعماق بئر في العالم بالشك النسبي لطبقات الأرض، يُعطي فكرة عن سمك كل طبقة.

## البئر الأعماق

في عام ١٩٩٠، حُفرت أعماق بئر في شبه جزيرة كولا فيما كان يُدعى الاتحاد السوفييتي، وقد بلغ عمقها ١٢ كم وكان مقرّرًا لها أن تبلغ ١٥ كم. لكن للوصول إلى مركز الأرض، هنالك بُعد ٦٣٥٥ كم!





## مَجَالُ الْأَرْضِ الْمَغْنَطِيسِيَّ

تعملُ الأرضُ كِمَغْنَطِيسٍ صَّخَمٍ. وَالْمَغْنَطِيسُ كَمَا نَعْلَمُ (انْظُرْ ص ١٥٤-١٥٥) يَجْذِبُ مَوَادَّ مُعَيَّنَةً (كَالْحَدِيدِ) إِذَا تَوَاجَدَتْ فِي نِطاقٍ حَوْلَهُ يُعْرَفُ بِالمَجَالِ الْمَغْنَطِيسِيِّ. وَلِكُلِّ مَغْنَطِيسٍ قُطْبَانِ تَمِيلُ الْمَوَادُّ الْمَغْنَطِيسِيَّةُ إِلَى التَّجْمَعِ حَوْلَهُمَا. قُطْبَا الْأَرْضِ الْمَغْنَطِيسِيَّانِ يَقَعَانِ قُرْبَ الْقُطْبَيْنِ الْجُغْرَافِيَّيْنِ الشَّمَالِيِّ وَالْجَنُوبِيِّ؛ وَيُعْرَفُ مَجَالُهُمَا حَوْلَ الْأَرْضِ بِالْغِلَافِ الْمَغْنَطِيسِيِّ - وَهُوَ غِلَافٌ مَشْحُونٌ يَمْتَدُّ بَعِيدًا فِي الْفَضَاءِ وَيَقِي الْحَيَاةَ عَلَى كَوْكَبِنَا مِنْ إِشْعَاعَاتِ الشَّمْسِ الْمُؤَذِيَةِ. وَيَتَّخِذُ الْغِلَافُ الْمَغْنَطِيسِيُّ لِلْأَرْضِ شَكْلَ قَطْرَةٍ دَفْعَ بِفَعْلِ التَّيَّارِ الْمُسْتَمِرِّ مِنَ الْجُسَيْمَاتِ الْمَشْحُونَةِ الصَّادِرِ مِنَ الشَّمْسِ، وَالْمَعْرُوفِ بِالرَّيْحِ الشَّمْسِيَّةِ.

## تَأْثِيرَاتُ الرِّيحِ الشَّمْسِيَّةِ عَلَى مَجَالِ الْأَرْضِ الْمَغْنَطِيسِيِّ

جُسَيْمَاتٌ مَشْحُونَةٌ (ثَنَائِيَّةٌ) مِنَ الشَّمْسِ يَجْذِبُ بَعْضُ هَذِهِ الْجُسَيْمَاتِ دَاخِلًا نَحْوَ الْقُطْبَيْنِ.

تُعْرَفُ حَدُودُ الْمَجَالِ بِمِنْطَقَةِ الرُّكُودِ الْمَغْنَطِيسِيِّ.

الْمِنْطَقَةُ حَيْثُ يُضْغَطُ الْمَجَالُ الْمَغْنَطِيسِيُّ بِالرَّيْحِ الشَّمْسِيَّةِ تُسَمَّى الشُّوْنَةُ (الْكُدْسَةُ) الْقَوْسِيَّةُ.

يُخْتَبِسُ بَعْضُ الْجُسَيْمَاتِ مِنَ الشَّمْسِ قُرْبَ الْقُطْبَيْنِ الْجُغْرَافِيَّيْنِ، فَيَتَوَلَّدُ حَوْلَهُمَا وَهَجٌ يُعْرَفُ بِالْأَضْوَاءِ الْقُطْبِيَّةِ الشَّمَالِيَّةِ أَوِ الْجَنُوبِيَّةِ.

## مَغْنَطِيسِيَّةُ الْأَرْضِ

## خُطُوطُ الْقُوَّةِ الْمَغْنَطِيسِيَّةِ

تُجْذِبُ خُطُوطُ الْقُوَّةِ الْمَغْنَطِيسِيَّةِ نَحْوَ قُطْبَيِ الْأَرْضِ الْمَغْنَطِيسِيَّيْنِ وَبَعِيدًا عَنْهُمَا. اللَّبُّ الدَّاخِلِيُّ الْجَامِدُ يَدُورُ بِسُرْعَةٍ مُخْتَلِفَةٍ عَنِ بَقِيَّةِ الْأَرْضِ.

الْحَرَارَةُ وَالضُّغْطُ فِي بَاطِنِ الْأَرْضِ يُبْقِيَانِ اللَّبَّ الْخَارِجِيَّ السَّائِلَ فِي حَرَكَةٍ دَائِمَةٍ.

## مَصْدَرُ الْمَغْنَطِيسِيَّةِ

يَعْتَقِدُ الْعُلَمَاءُ أَنَّ مَصْدَرَ مَغْنَطِيسِيَّةِ الْأَرْضِ هُوَ الطَّرِيقَةُ الَّتِي يَتَحَرَّكُ بِهَا قِسْمَا اللَّبِّ الدَّاخِلِيِّ وَالْخَارِجِيِّ. فَاللَّبُّ الدَّاخِلِيُّ الْجَامِدُ يَدُورُ بِسُرْعَةٍ مُخْتَلِفَةٍ عَنِ بَقِيَّةِ الْأَرْضِ، فَيَتَوَلَّدُ الْمَجَالُ الْمَغْنَطِيسِيُّ بِالْقُوَّةِ نَفْسِهَا الَّتِي تَعْمَلُ عَلَى إِدَارَةِ مُحَرِّكِ كَهْرَبَانِيٍّ. وَيُعْتَقَدُ أَنَّ تَيَّارَاتِ الْحَمَلِ الْحَرَارِيِّ فِي اللَّبِّ السَّائِلِ تُوَثِّرُ أَيْضًا فِي مَغْنَطِيسِيَّتِهِ.

الدَّيْلُ الْمَغْنَطِيسِيُّ هُوَ مِنْطَقَةُ انْجِدَابِ الْمَجَالِ الْمَغْنَطِيسِيِّ بَعِيدًا بِالرَّيْحِ الشَّمْسِيَّةِ.

الْفَضَاءُ ضِمْنَ الْمَجَالِ الْمَغْنَطِيسِيِّ يُسَمَّى الْغِلَافَ الْمَغْنَطِيسِيَّ.

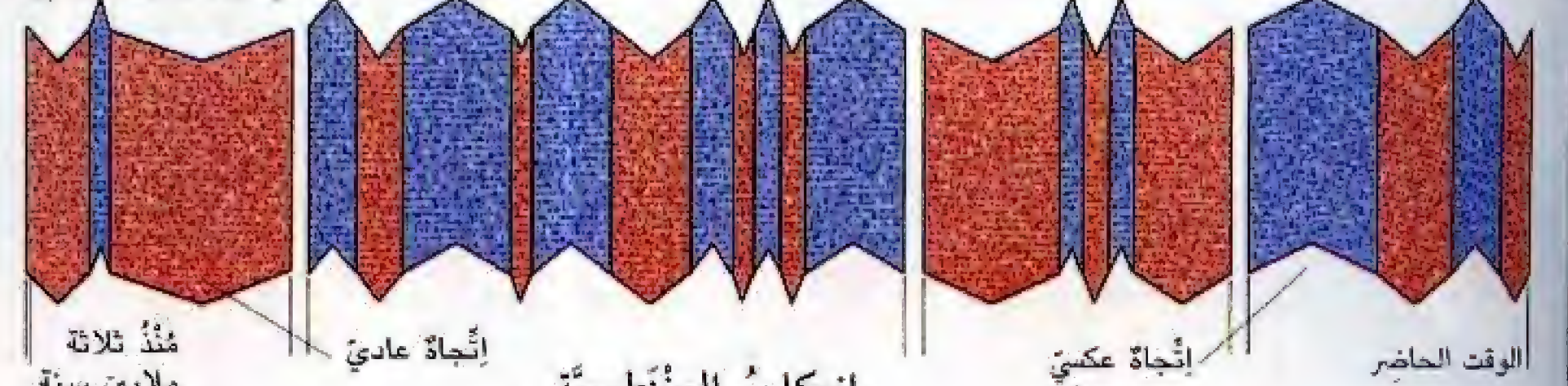
## وَلِيمُ جَلْبِرْت

كَانَ طَبِيبَ الْمَلِكَةِ إِلِيزَابِيثِ الْأُولَى، وَلِيمُ جَلْبِرْت (١٥٤٤-١٦٠٣)، أَوَّلَ مَنْ أَقَامَ الدَّلِيلَ عَلَى أَنَّ الْأَرْضَ تَعْمَلُ كِمَغْنَطِيسٍ صَّخَمٍ.

وَأَسْتَخْدَمَ جَلْبِرْتُ فِي ذَلِكَ إِبْرَ الْبُوصَلَاتِ الْمَغْنَطِيسِيَّةِ الْأَقْفِيَّةِ وَالْعُمُودِيَّةِ الْمَخُورِ، الَّتِي تَتَحَرَّكُ جَانِبِيًّا وَعُمُودِيًّا لِتَحْدِيدِ الْمَغْنَطِيسِيَّةِ فِي نَقْطَةٍ مَا عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ، وَقُطْبَيِ الْأَرْضِ الْمَغْنَطِيسِيَّيْنِ أَوِ الْجُغْرَافِيَّيْنِ.

مِخْوَرُ الدَّوْرَانِ يَتَمَثَّلُ بِخُطِّ عُمُودِيٍّ يَمُرُّ عِزَّ الْمَرْكَزِ.

## الْإِنْعِكَاسَاتُ الْقُطْبِيَّةُ



## إِنْعِكَاسُ الْمَغْنَطِيسِيَّةِ

يَتَغَيَّرُ الْمَجَالُ الْمَغْنَطِيسِيُّ الْأَرْضِيُّ عَلَى الدَّوَامِ. وَأَحْيَانًا كَانَتْ التَّغْيِيرَاتُ جَذَرِيَّةً مُثِيرَةً بِحَيْثُ أَنْعَكَسَ الْمَجَالُ الْمَغْنَطِيسِيُّ عَلَى نَفْسِهِ بِالْكَامِلِ، فَيَبْذُلُ الْقُطْبَانِ الشَّمَالِي وَالْجَنُوبِيُّ الْمَغْنَطِيسِيَّانِ مَوْقِعَيْهِمَا؛ وَيُعْرَفُ هَذَا بِالْإِنْعِكَاسِ الْقُطْبِيَّ. وَنَحْنُ لَا نَعْرِفُ تَعْلِيلًا وَاضِحًا لَذَلِكَ، لَكِنَّا نَعْلَمُ أَنَّ هَذَا الْإِنْعِكَاسَ حَدَثَ حَوْلَى عَشْرِ مَرَّاتٍ فِي الثَّلَاثَةِ مِلْيُونِ سَنَةٍ الْمَاضِيَةِ.

الْمَعْبُدُ الْقَدِيمُ لِزَرْعِيسِ الثَّانِي



## الْقُطُوبُ الْمَغْنَطِيسِيَّةُ

عِنْدَمَا يَتَجَمَّدُ الشَّخَرُ، يُسَجَّلُ وَيُحْفَظُ اتِّجَاهُ الْمَجَالِ الْمَغْنَطِيسِيِّ الْأَرْضِيِّ فِي ذَلِكَ الزَّمَنِ، بِوَسْطَةِ الْمَعَادِنِ الْمَغْنَطِيسِيَّةِ الْمُتَوَاجِدَةِ فِيهِ. وَهَذَا يَعْنِي أَنَّ الْمَجَالِ الْمَغْنَطِيسِيَّ يُمَكِّنُ تَقْصِيصَ فِي الْقُطُوبِ الشَّمْسِيِّ مِنْذُ ٣٠٠٠ سَنَةٍ كَقُطُوبِ هَذَا الْمَعْبَدِ الْقَدِيمِ لِزَرْعِيسِ الثَّانِي.

## الْخُذْرُوفُ الْمُدَوَّمُ

يَتَمَثَّلُ الْخُذْرُوفُ الْمُدَوَّمُ جَانِبِيًّا حَوْلَ مِخْوَرِهِ. وَبِطَرِيقَةٍ مُمَازِلَةٍ يَتَغَيَّرُ مَوْقِعُ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ وَالْمَغْنَطِيسِيِّ الْأَرْضِيِّ بِأَسْتِمْرَارٍ. وَيَمِيلُ الْقُطْبُ الْمَغْنَطِيسِيُّ لِلْأَرْضِ عَنِ الْجُغْرَافِيِّ بِحَوْلَى ١١ دَرَجَةٍ، وَتَعْرِفُ هَذِهِ بِزَاوِيَةِ الْمَيْلِ.



يُدَوِّمُ الْخُذْرُوفُ كَوَّلَ وَمِخْوَرَهُ مُغَيَّرًا مَوْقِعَهُ بِأَسْتِمْرَارٍ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْمَغْنَطِيسِيَّةُ ص ١٥٤
- تَكُونُ الْأَرْضُ ص ٢١٠
- الْقَارَاتُ الْمَتَحَرِّكَةُ ص ٢١٤
- الصُّخُورُ وَالْمَعَادِنُ ص ٢٢١
- الصُّخُورُ سِجَلَاتُ جِيُولُوجِيَّةٍ ص ٢٢٦



# القارّات المتحرّكة

خارطة الكتل الصفائحية للعالم



ظَلَّ النَّاسُ آلاَفَ السَّنِينَ يَعْتَقِدُونَ أَنَّ الْقَارَّاتِ ثَابِتَةٌ فِي مَوَاقِعِهَا دَوَماً؛ ثُمَّ تَكشَّفَ عَكْسُ ذَلِكَ تَمَاماً فِي السَّتِينِيَّاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعِشْرِينَ. فَالْوَاقِعُ أَنَّ الْقَارَّاتِ تَنْجَرِفُ بِاسْتِمْرَارٍ حَوْلَ سَطْحِ الْأَرْضِ، كَمَا جُذِوعُ الشَّجَرِ الضَّخْمَةِ الطَّافِيَةِ فَوْقَ بَحْرِ لَزَجٍ؛ وَيُعْرَفُ هَذَا بِالْإِنْجِرَافِ الْقَارِّيِّ. كَذَلِكَ فَإِنَّ قِيَعَانَ الْبَحَارِ يُعَادُ تَدْوِيرُهَا كُلَّ ٢٠٠ مِليون سنة، ففي بعض المَواقِعِ الْمُسَمَّاةِ حَيُوداً فِي قَاعِ الْمُحِيطِ تَرْتَفِعُ الصَّهَارَةُ (الصَّخْرُ الْمُنْصَهَرُ) مِنْ طَبَقَاتِ الْأَرْضِ الْبَاطِنِيَّةِ فَتَجْمُدُ وَتَتَحَرَّكُ نَحْوَ الْخَارِجِ قَبْلَ أَنْ تُبْتَلَعَ فِي مَوَاقِعٍ تُسَمَّى أَخَادِيدَ الْمُحِيطِ. وَحَدِيثاً دُمِجَتْ فِكْرَةُ أَمْتِدَادِ قِيَعَانَ الْبَحَارِ هَذِهِ مَعَ فِكْرَةِ الْإِنْجِرَافِ الْقَارِّيِّ فِي نَظَرِيَّةٍ وَاحِدَةٍ هِيَ نَظَرِيَّةُ تَكُونِيَّاتِ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ.

مُنْذُ ٢٠٠ مِليون سنة

مُنْذُ ٥٠ مِليون سنة

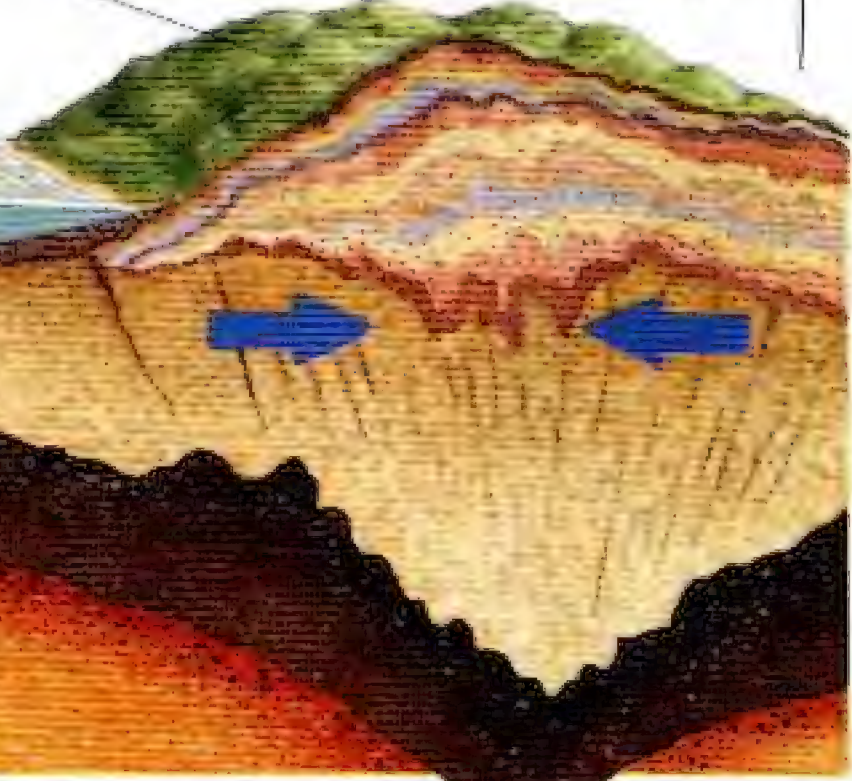
الزَّمنُ الْحَاضِرُ



## القارّات المتشابهة

لَعَلَّ الدَّلَالَةَ الْأَكْثَرَ وَضُوحاً عَلَى تَحَرُّكِ الْقَارَّاتِ هِيَ أَشْكَالُهَا. فَالسَّاحِلُ الْغَرْبِيُّ لِأَفْرِيقِيَا وَالسَّاحِلُ الشَّرْقِيُّ لِأَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةِ يَتَدَوَّانِ كَقِطْعَتَيْنِ مُوَالِفَتَيْنِ مِنْ أَحْجِيَّةٍ صُورٍ مُقَطَّعَةٍ - بَحَيْثُ لَوْ قُرِبَا لَكَانَ تَوَافُقُهُمَا مُخَكِّمًا. وَهَذَا دَلِيلٌ عَلَى أَنَّ أَفْرِيقِيَا وَأَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةِ شَكَلَتَا فِيمَا مَضَى قِسْماً مِنْ قَارَّةٍ ضَخْمَةٍ تَفَلَّقَتْ. وَقَدْ لَوِجِظَ هَذَا التَّوَافُقُ بَيْنَ الْقَارَّاتَيْنِ مِنْذُ الْقَرْنِ السَّابِعِ عَشَرَ حِينَ بَدَأَ إِعْدَادُ الْخَرَائِطِ يُضَيِّحُ عَلَماً أَكْثَرَ وَفَّةً.

إِذَا تَصَادَمَتِ قَارَّتانِ وَلَمْ تُخَفَّفْ إِحْدَاهُمَا (سَقْلًا) فَإِنَّهُمَا تَتَغَضَّسَانِ فَقَطْ لِتُشَكِّلَا سَلَاسِلَ جَبَلِيَّةٍ.



يَتَكَوَّنُ أَخْدُوْدٌ مُحِيطِيٌّ حَيْثُ تَتَلَاقَى صَفِيحَتَانِ. فَتُطْبَقُ الْمَادَّةُ الصَّفِيحِيَّةُ الْقَدِيمَةُ إِلَى دَاخِلِ الدَّثَارِ وَتَنْقَوِضُ. وَتُشَكَّلُ الْبَقَايَا الْمُنْصَهَرَةُ بَرَاكِينٍ عَلَى الصَّفِيحَةِ فَوْقَهَا.

خَيْدٌ مُحِيطِيٌّ حَيْثُ تُدْفَعُ مَادَّةٌ صَفِيحِيَّةٌ جَدِيدَةٌ إِلَى أَعْلَى الْغِلَافِ الْمَانِعِ (نِطَاقِ الْإِنْسِيَابِ)

تَتَأَلَّفُ الْكُتْلَةُ الصَّفَائِحِيَّةُ الْمُتَحَرِّكَةُ مِنَ الْقَشْرَةِ الْمُحِيطِيَّةِ وَالطَّبَقَةِ الْعُلْيَا الْجَامِدَةِ مِنَ الدَّثَارِ.

## فردريك قاين ودراموند ماثيوز

لَيْسَ مِنَ الْعَسِيرِ إِيجَادُ شَوَاهِدٍ عَلَى تَحَرُّكِ الْقَارَّاتِ، لَكِنْ الْعَسِيرُ هُوَ إِيجَادُ عِلَامَاتٍ دَلَالِيَّةٍ عَلَى أَمْتِدَادِ قِيَعَانَ الْبَحَارِ. وَكَانَ الْجِيُوفِيزِيَاثِيَّانِ الْبَرِيْطَانِيَّانِ، فَرْدُ قَاينِ وَدَرَامُونْدُ مَاتْيُوزَ، أَوَّلَ مَنْ أَدْرَكَ أَهْمِيَّةَ أَحَدِ هَذِهِ الْأَدِلَّةِ، عَامَ ١٩٦٣. فَيَبْنِي أَنَّ نَمَطَ الْحُزْرِ الْمَغْنَطِيسِيَّةِ فِي صُخُورِ قِيَعَانَ الْبَحَارِ هُوَ بُرْهَانٌ مُقْنِعٌ عَلَى أَمْتِدَادِ هَذِهِ الْقِيَعَانَ.



د. ماثيوز



ف. قاين

## الغلاف الصخري

تَتَأَلَّفُ الصَّفَائِحُ الْأَرْضِيَّةُ مِنَ الْقَشْرَةِ وَمِنَ الطَّبَقَةِ الْعُلْيَا الْجَامِدَةِ لِلدَّثَارِ. وَتُعْرَفُ هَذِهِ الطَّبَقَةُ بِالْغِلَافِ الصَّخْرِيِّ. تَحْتَ هَذَا الْغِلَافِ تَوْجَدُ طَبَقَةٌ مِنَ الدَّثَارِ، تُدْعَى الْغِلَافَ الْمَانِعِ، وَهِيَ طَبَقَةٌ رَخْوَةٌ تَزُلُّ أَنْسِيَابَ الصَّفَائِحِ الْجَامِدَةِ فَوْقَهَا. فِي الْحَيُودِ الْمُحِيطِيَّةِ، تَتَخَلَّقُ الصُّخُورُ الْمُتَصَلِّبَةُ بِفِعْلِ الْبَرَاكِينِ، وَهَذَا يَدْفَعُ صَفِيحَتَيْنِ بَعِيدًا عَنْ بَعْضِهِمَا. أَمَّا الْأَخَادِيدُ الْمُحِيطِيَّةُ فَتَتَكَوَّنُ حَيْثُ تَتَلَاقَى صَفِيحَتَانِ وَتُخَفَّفُ (أَوْ تُطْرَحُ) إِحْدَاهُمَا تَحْتَ الْأُخْرَى وَتُذَمَّرُ.



## تحرك القارات



## ما قبل أم القارات

قبل أم القارات، كانت كتل اليابسة قارات متصلة متباعدة عبر الكرة الأرضية. لكنها كانت مختلفة جدًا عن القارات اليوم. ثم أخذت تلك القارات تتقارب بعضها نحو بعض ببطء شديد.



## شاهد أخفوري

أحفار حيوان الميزوسورس التي عُثِر عليها في البرازيل مطابقة تمامًا لأحافيره التي وُجدت في إفريقيا الجنوبية. إن مثل هذا الحيوان يستحيل عليه قطع المحيط الأطلنطي، مما يبين أنه عاش في عصر كانت أمريكا وإفريقيا فيه متصلتين. فعندما تباعدت القارتان فصل المحيط الأطلنطي بين الأحافير. كما وُجدت أيضًا أحافير الثيات نفسه، من العصر نفسه، في أمريكا الجنوبية وإفريقيا والهند وأستراليا ومنطقة القطب الجنوبي.

## مستقبل القارات

منذ حوالي ٢٠٠ مليون سنة، بدأت أم القارات بالتفتت وانفصلت قارات اليوم متباعدة بعضها عن بعض. ولا يزال هذا التباعد مستمرًا مُتدليًا بمعدل بضعة سنتيمترات في السنة (تقريبًا بمعدل نمو أظفار أصابعك). فمواقع القارات اليوم هي مواقع مؤقتة؛ وقد تكون خارطة العالم في المستقبل غريبة غريبة خريطة العالم قديمًا.



## أم القارات

منذ حوالي ٣٠٠ مليون سنة، تضامنت جميع قارات ذلك العصر، فشكّلت قارة شاسعة واحدة، يُسميها الجيولوجيون أم القارات. ودامت هذه القارة العملاقة قرابة ١٠٠ مليون سنة. ثم بدأت تنفلق إلى شطرين - شمالي يدعى أوراسيا، وجنوبي يدعى جندوانا.



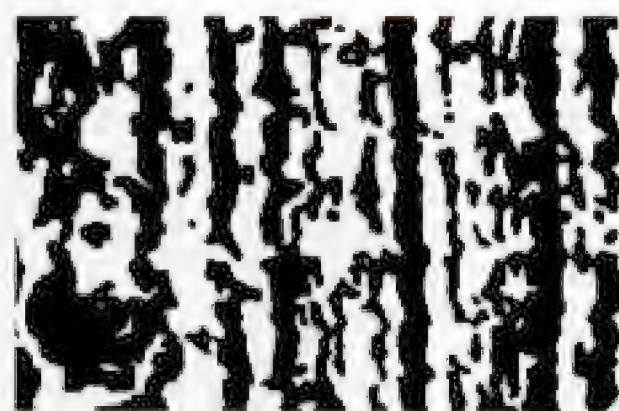
سبغنا حركة القارات عما هي اليوم لنرسم الخارطة المتوقعة للأرض في المستقبل البعيد. في هذا «العالم الجديد» تقدّمت أستراليا كثيرًا نحو الشمال وانفصلت الأمريكيتان واجتدتها عن الأخرى.

## كولمبوس

عام ١٤٩٢، أبحر المكتشف الإيطالي المولد، كريستوفر كولمبوس، عبر الأطلنطي واستغرقت رحلته ٧٠ يومًا. ولو أنه قام برحلته في وقتنا الحاضر لاستغرقت الرحلة ذاتها أكثر بقليل! إذ إن المسافة بين أمريكا الشمالية وأوروبا اليوم أبعد قليلًا عما كانت عليه في حينه - فالمحيط الأطلنطي أوسع الآن بعشرة أمتار عما كان عليه منذ ٥٠٠ سنة!

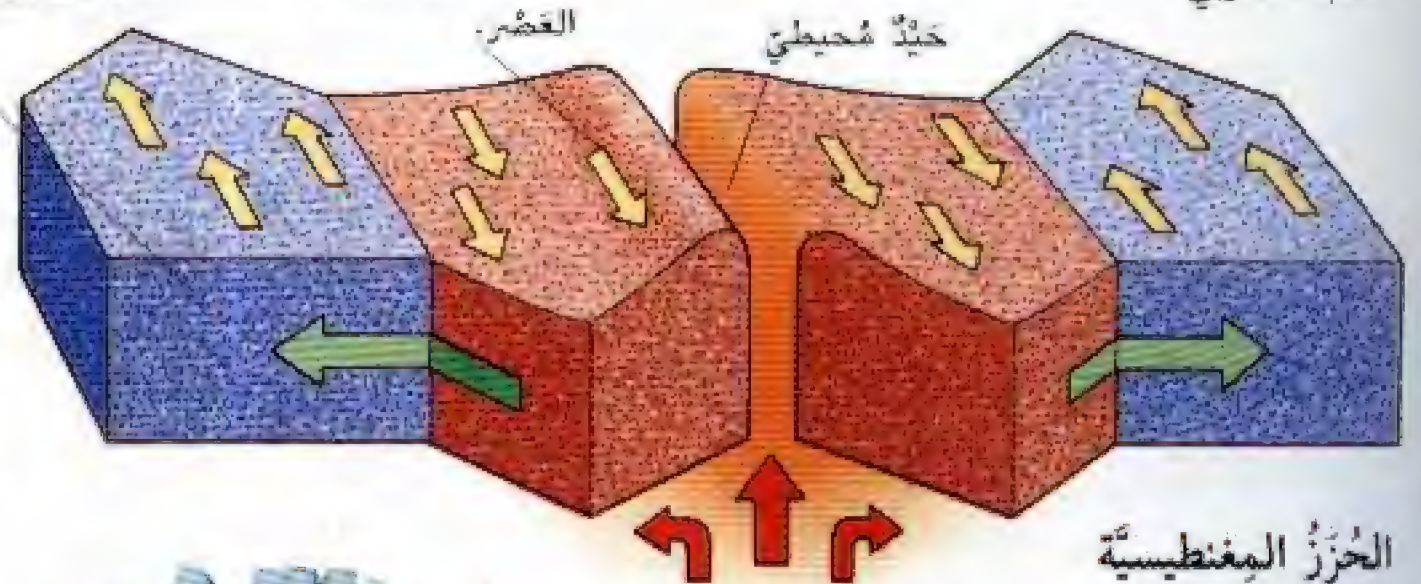


سفينة كولمبوس



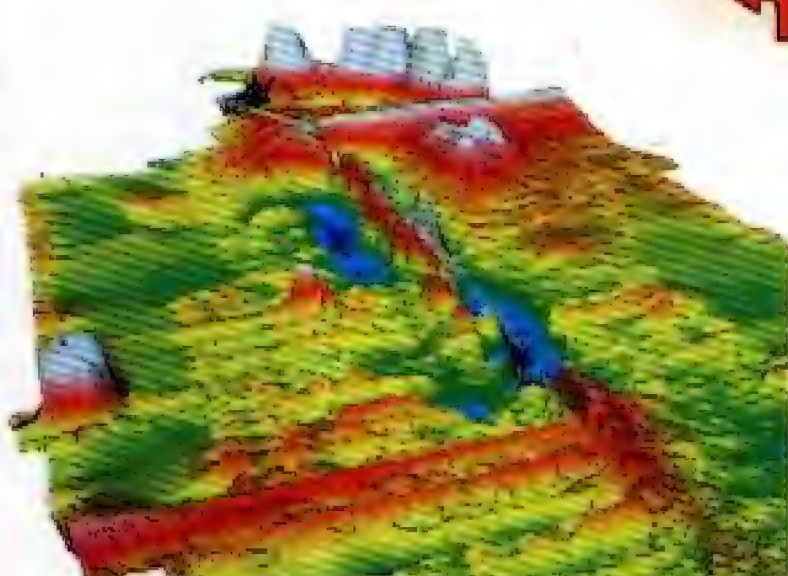
هذه الصورة تُبين حُرَزًا مغناطيسيّة في كل طبقة من الحيد المحيطي. عندما يتجسّس الصخر من الحيد، فإنه يتمغنط باتجاه الشمال المغناطيسي لذلك العصر.

كل بضعة ملايين سنة، يُعكس المجال المغناطيسي الأرضي، فيُصبح القطب الشمالي قطبًا جنوبيًا. وتكتسب الصخور، المتكوّنة في ذلك العصر، تراضقًا مغناطيسيًا معكوسًا.



## الحُرَزُ المغناطيسيّة

تتمغنط صخور قاع البحر حُرَزًا. فالشريحة الصخرية المُتمغنطة باتجاه القطب الشمالي المغناطيسي الحالي توضع موازيةً للشريحة المُتمغنطة سابقًا باتجاه معاكس. وقد وجد الجيولوجيون هذا النمط نفسه من الحُرَز على جانبي الحيد المحيطي؛ وذلك دليل يبين على اتّداد قيعان البحار.



## قاع المحيط

الصخور المتاخمة للحيد المحيطي صخور نظيفة تمامًا، لأنه لم يتسّر لها وقت كافٍ لتجميع الرّسوبات. أمّا الصخور البعيدة عن الحيد المحيطي، فهي مُكدّسة بطبقات سمكية من الرّسوبات المتراكمة - مما يبين أن قاع المحيط هناك أقدم. وهذا شاهد إضافي على اتّداد قيعان البحار.

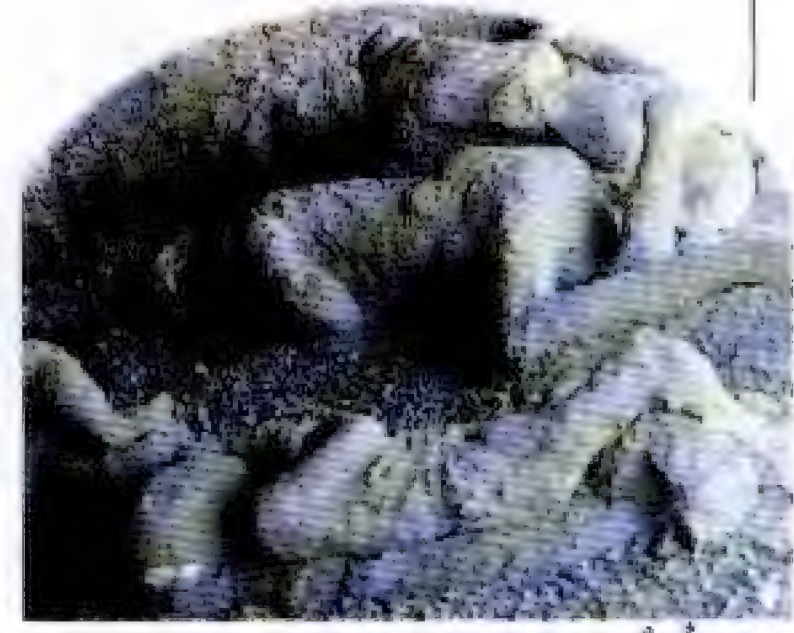
## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى ص ١١٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- الأرض ص ٢٨٧



# البراكين

إذا تَرَجَّ قَنِينَةٌ شَرَابٍ فَوَارٍ بِشِدَّةٍ وَتَفَتَّحَتْهَا، فَالضَّغْطُ الَّذِي يَدْفُقُ السَّائِلَ رَشَاشًا عَبْرَ فُوهَةِ الْقَنِينَةِ شَبِيهٌ، مِنْ حَيْثُ الْمَبْدَأُ، بِالضَّغْطِ الَّذِي يُسَبِّبُ ثَوْرَانَ الْبَرَاكِينِ. يَتَّبِعُ التَّفَجُّرُ الْبَرَكَانِيَّ الْعَنِيفُ سُحْبًا كَثِيفَةً مِنَ الرَّمَادِ وَمَقْدُوفَاتٍ مِنَ الْحَمَمِ اللَّابِيَّةِ اللَّاهِبَةِ تَنْسَابُ مُتَوَهِّجَةً عَلَى السُّفُوحِ الْمُجَاوِرَةِ. يَثُورُ الْبَرَكَانُ عِنْدَمَا تَبْدَأُ الْكُتْلُ الصَّفَائِحِيَّةُ الصَّخْرِيَّةُ، الَّتِي تَوَلَّفُ سَطْحُ الْأَرْضِ، بِالتَّحَرُّكِ. فَعِنْدَ أَصْطِدَامِ صَفِيحَتَيْنِ قَدِيمَتَيْنِ وَأَنْسِحَاقِ إِحْدَاهُمَا تَحْتَ الْأُخْرَى تَنْصَهَرُ الصَّفِيحَتَانِ وَيَنْتُجُ مِنْ ذَلِكَ بُرْكَانٌ عَنِيفُ الطَّرَازِ. وَمِنْ الْبَرَاكِينِ أَنْوَاعٌ أُخْرَى تَتَكَوَّنُ عِنْدَ تَشَكُّلِ صَفَائِحٍ جَدِيدَةٍ؛ فَتَرْتَفِعُ الصُّهَارَةُ عَبْرَ الدَّثَارِ وَتَتَشَقَّقُ كَبَرَاكِينِ هَادِئَةٍ. تَقَعُ بَعْضُ الْبَرَاكِينِ بَعِيدًا عَنْ حَوَافِّ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ فَوْقَ بُقْعَةٍ نَاشِطَةٍ جَدًّا فِي الدَّثَارِ الْأَرْضِيِّ.



بُومْبِي

فِي الْعَامِ ٧٩ ب.م. ثَارَ بُرْكَانُ جَبَلِ فِيزُوفٍ وَطَمَرَ مَدِينَةَ بُومْبِيِ الرُّومَانِيَّةِ عِنْدَ سَفْحِهِ وَمَا فِيهَا بِالرَّمَادِ وَالْحَمَمِ، فَلَمْ يُكْشَفْ عَنْهَا إِلَّا حَوْلَى الْعَامِ ١٧٤٨. وَاللَّافَتْ أَنَّ أَجْسَادَ النَّاسِ وَحَيَوَانَاتِهِمْ تَرَكَّتْ تَجَاوِيفَ فِي الرَّدَمِ الْبَرَكَانِيِّ أَمْكَنَ تَعَبُّثُهَا بِالْجِيسِ وَالْحَصُولِ عَلَى نَمَازِجٍ لِبَعْضِ الصَّخَايَا.

سُحْبٌ مِنَ الرَّمَادِ وَالْغُبَارِ وَتَشْبِيهِاتُ الشَّكْلِ تُقْدَفُ فِي الْجَوِّ، وَتُغَطِّي الْمَنَاطِقَ الْمُحِيطَةَ.

## بُرْكَانُ أَنْدِيرِزِيَّتِي

الْبُرْكَانُ الْأَنْدِيرِزِيَّتِيُّ مَخْرُوطٌ حَادُّ الْجَوَانِبِ يَتَكَوَّنُ عِنْدَمَا تَنْفَجِّرُ مَوَادُّ الصَّفَائِحِ الْمُنْصَهَرَةِ مِنَ الْأَرْضِ. وَبِتَعَاظُمِ الْبُرْكَانِ تَدْرِيجِيًّا بِتَرَاكُمَاتِ اللَّابَةِ الْبَطِينَةِ الْإِنْسَابِ وَطَبَقَاتِ الرَّمَادِ. وَتُعْرَفُ اللَّابَةُ السَّمِيكَةُ الَّتِي يَكُونُهَا هَذَا النُّوعُ مِنَ الْبَرَاكِينِ بِاسْمِ أَنْدِيرِزِيَّت.

سُحْبٌ مُتَاجِجَةٌ مِنْ الْغَازِ وَالْجِيسِمَاتِ الْمَتَوَهِّجَةِ تَنْسَابُ عَلَى سُفُوحِ جَبَلِ بِنْيُورِيلَنْدَا، فِي آبِ ١٩٦٨.

## السُّحْبُ الْمُتَاجِجَةُ

اِنْعِثَاقُ الضَّغْطِ فَجَاءَ مِنَ اللَّابَةِ الْأَنْدِيرِزِيَّتِيَّةِ الْمُنْدَفِقَةِ عَلَى السَّطْحِ، يُحْدِثُ سَحَابَةً مُتَاجِجَةً تُسَمَّى أحيانًا الْهَيَارَ الْمُتَاجِجَ تَنَاقُلَتْ مِنَ الْغَازَاتِ وَشَطَايَا الصَّخْرِ وَالرَّمَادِ، فِي دَرَجَةِ الْخَرَارَةِ الْبَيْضَاءِ، تَنْسَابُ فَوْقَ التَّلَالِ وَالْأَوْدِيَةِ بِسُرْعَةٍ قَدْ تَصَلَّى إِلَى ١٠٠ كَم/سَاعَةٍ سَافِعَةً كُلَّ شَيْءٍ وَخَائِفَةً كُلَّ حَيٍّ فِي طَرِيقِهَا.

## خَارِطَةُ الْبَرَاكِينِ فِي الْعَالَمِ



هَآوَاي

جَبَلُ فُوجِي بِالْيَابَانِ

نِيوزِيلَنْدَا

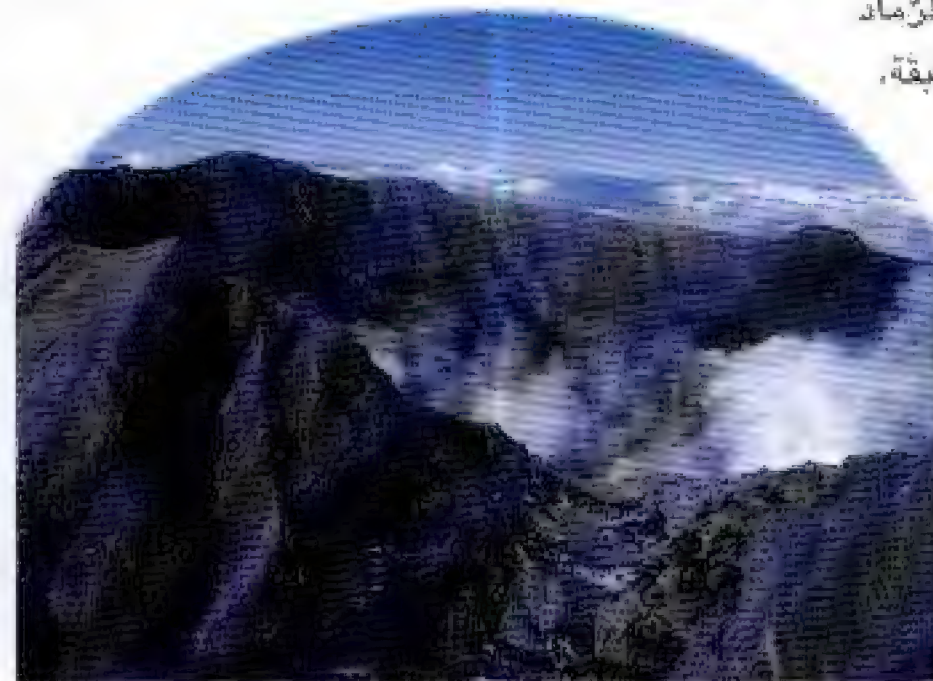
يَتَقَوَّضُ سَفْحُ الْجَبَلِ مُطْلَقًا سُحْبًا مُتَاجِجَةً تُغَطِّي سَمَاءَ الْمِنَاطِقَةِ بِسُرْعَةٍ.

يَتَجَدَّدُ الْغُثُّ الْبَرَكَانِيُّ شَكْلَ الْقَشْعِ، وَيَكُونُ مَمْلُوءًا جَزْئِيًّا بِالرَّمَادِ مِنْ ثَوْرَانَاتٍ سَابِقَةٍ.

غَالِبًا مَا تَتَجَمَّدُ اللَّابَةُ الْأَنْدِيرِزِيَّتِيَّةُ فِي الْغُثِّي الْبَرَكَانِي، فَتَسُدُّ فَتْحَتَهُ. وَمَعَ تَكَثُّرِ الضَّغْطِ يَتَعَرَّضُ الْبُرْكَانُ لِلْإِنْفِجَارِ الْمَفَاجِئِ.

## ثَوْرَانُ أَنْدِيرِزِيَّتِي

الْبُرْكَانُ الْأَنْدِيرِزِيَّتِيُّ النَاشِطُ بُرْكَانٌ عَنِيفٌ جَدًّا، يُمَكِّنُ ثَوْرَانَهُ فِي أَيِّ لَحْظَةٍ، وَنُسَبُّ الْفِجَارَاتُ أَضْرَارًا بِالْعَمَلِ. وَقَدْ يُرْسِلُ هَذَا النُّوعُ مِنَ الثَّوْرَانِ سُحْبَ الرَّمَادِ وَالْغُبَارِ الْحَارِّينِ إِلَى مَسَافَاتٍ بَعِيدَةٍ جَدًّا. الصُّورَةُ الْمُقَابِلَةُ تُنْقِطُ الْبُرْكَانَ الْأَنْدِيرِزِيَّتِيَّ بَعْدَ ثَوْرَانِهِ.



فِي عَامِ ١٩٨٠، ثَارَ بُرْكَانُ الْأَنْدِيرِزِيَّتِي فِي جَبَلِ الْقَدِيسَةِ هِيلَانَةِ بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَحِدَةِ، فَدُمِّرَ مَسَاحَاتٌ شَاسِعَةٌ مِنَ الْغَابَاتِ.

بُرْكَانُ بَارْزِلَتِي

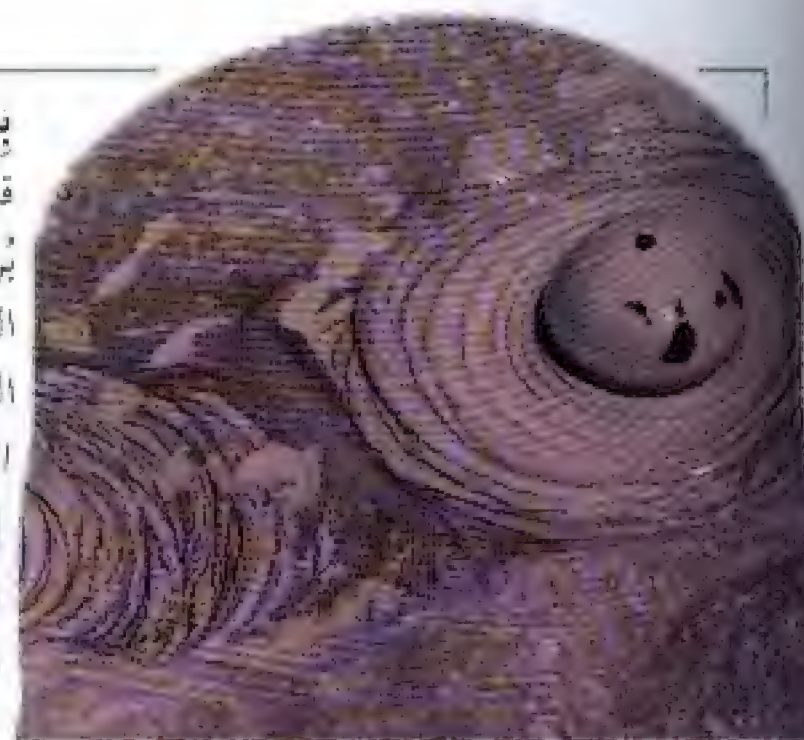
## مَنَاطِقُ الْبَرَاكِينِ الْبَارْزِلَتِيَّةِ

تَوْجَدُ الْبَرَاكِينُ الْبَارْزِلَتِيَّةُ حَيْثُ تَرْتَفِعُ مَادَّةُ الدَّثَارِ لِتَكُونُ صَفَائِحَ جَدِيدَةً؛ وَهِيَ نَادِرًا مَا تَظْهَرُ فَوْقَ سَطْحِ الْبَحْرِ. أَمَّا بَرَاكِينُ الطُّغْيِ الْحَارَّةِ، كَتِلْكَ الْمَتَوَاجِدَةِ فِي هَآوَاي، فَقَدْ تَتَكَوَّنُ بَعِيدًا جَدًّا عَنْ حَافَةِ الصَّفِيحَةِ.



## بركة طينية

قد يتعرض الماء السارِب في الأرض في منطقة بُركانيّة للتسخين بفعل الصخور التَّحتيّة الحاميّة. تَمْتَصُّ الصخور السَّاجِنة الغازات البركانيّة فتُحْبِضُها؛ وهكذا فإنَّ الحامِض الساخن الذي تَمْتَصُّه الصخور يُنتِج حمأة تُشغ إلى السطح بركة من القلن الغالي. وتُعتبر البركة الطينية في مَنزَرَة يلوستون الوطني بالولايات المتحدة مغلماً مُحِبّاً بقصده السَّباح.



## النُّطق الحارّة

في أعماق الدُّثار الأرضي هنالك مناطق شديدة الحرارة والاضطراب، تُعرَف بالنُّطق الحارّة، تكون الأوضاع فيها مُهيأة لتكوين البراكين البازلتيّة على القشرة فوقها. ويُعمَلُ تحركُ الكتَل الصفائحيّة المُستمرُّ على تكوين خط سيليبي من البراكين.



جزيرة في نطاق حارّ مُتفجّر بهاواي.

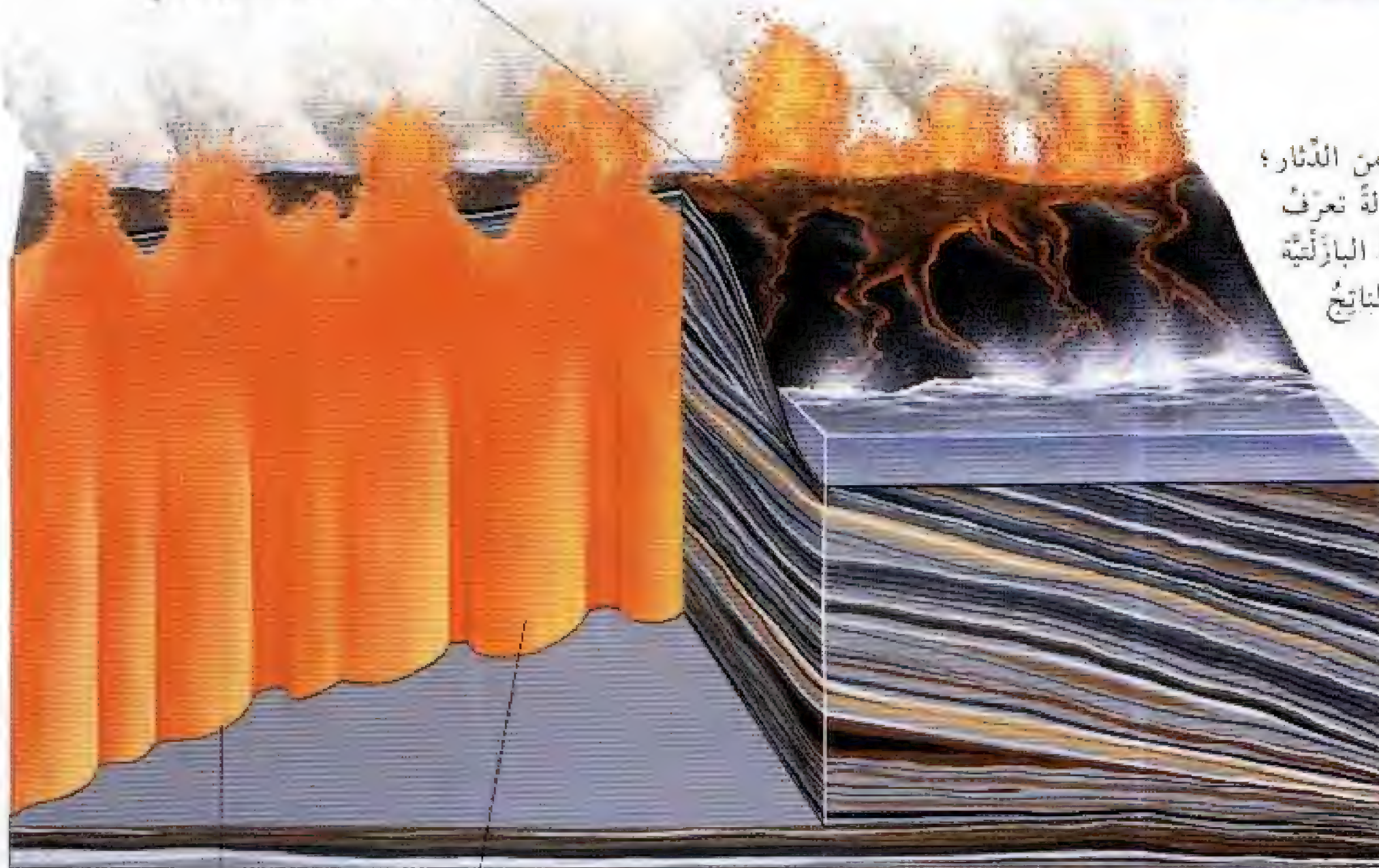


## الحمّات (ينابيع المياه الحارّة)

تندفق المياه التي تُسخّنها الصخور البركانيّة إلى السطح في حمّات ماء وبُخار. وغالباً ما تتكوّن شبكة من الحجرات تحت الأرض؛ فإذا تَبَخَّرَت المياه في إحداها، يُدْفَعُ الماء بالتمدد الحاصِل إلى السطح. ويُسهِمُ الضغط المُخفَّف بتوليد مزيد من البُخار، فيُعضَفُ بالمياه صُعداً مُتدفّقة من الأرض كنافورة ماء غالٍ تُسمّى حمّة.

## البركان البازلتيّ

في بقاع كالنُّطق الحارّة، ترتفع الموادّ المُنصهرة من الدُّثار؛ فإذا تمّ لها اختراق السطح، تُكوّن لابة سوداء سيّالة تُعرَف بالبازلّت. وبخلاف اللابة الأنديزيتيّة تُنسب اللابة البازلتيّة عادةً مسافات طويلة قبل أن تتجمّد. لذا فالبركان الناتج عريضٌ وخفيض، ويُعرَف بالبركان الموجني. تقع مُعظم البراكين البازلتيّة في أعماق البحار، فعندما تُندف اللابة في الماء تَبْرُدُ بسرعة كُتَلاتٍ فقاعيّة تُسمّى اللابة الوساديّة. أمّا على اليابسة، فَبَرْدُ البازلّت المُنصهر في الهواء كنافورة لَهَب. وقد تتجمّد القطرات أثناء طيرانها فتتحوّل إلى قنابل بُركانيّة.



تحت كلّ بركان، هنالك حجرة صهاريّة هي مُستودع من الموادّ المنصهرة، يُغذي الانبلاغ البركانيّ

تقع المُعظم البراكين البازلتيّة في أعماق البحار، فعندما تُندف اللابة في الماء تَبْرُدُ بسرعة كُتَلاتٍ فقاعيّة تُسمّى اللابة الوساديّة. أمّا على اليابسة، فَبَرْدُ البازلّت المُنصهر في الهواء كنافورة لَهَب. وقد تتجمّد القطرات أثناء طيرانها فتتحوّل إلى قنابل بُركانيّة.



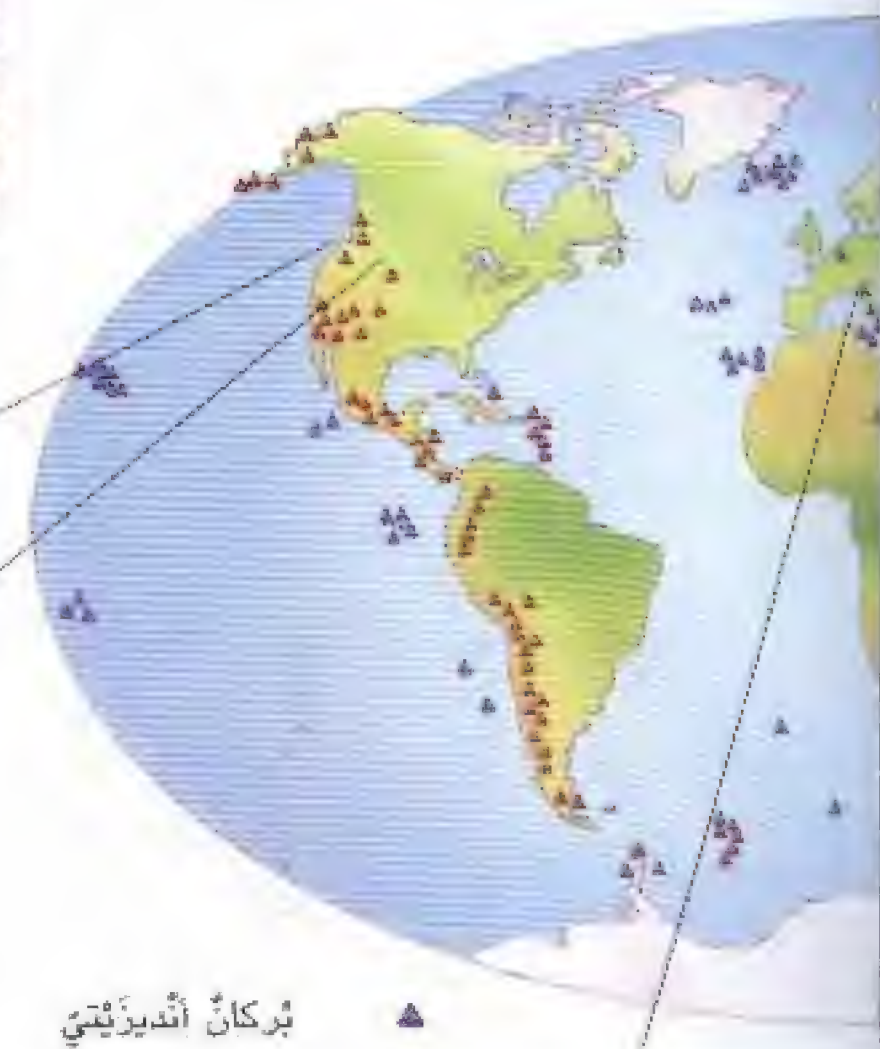
لابة مُنصهرة تُنسب فوق الصخور في هاواي

## سُطوح اللابة

تُنسب اللابة البازلتيّة بحريّة، فيكون سطحها البارد قشريّاً، تتعصّر وتتجمّد بالتحركات تحتها. وتُعرَف هذه اللابة الحَبْلِيّة بالمأفوهو (اسمها المحلي في هاواي). وإذا تكسّر هذا السطح، فإنّه يكون كُتلاً لابيّة خبيثة السطح تُسمّى آ آ.

جبل القديسة فيلانة بالولايات المتحدة

يلوستون بالولايات المتحدة



بركان أنديزيتي

فيروز بايطاليا

## مناطق البراكين الأنديزيتيّة

البراكين الأنديزيتيّة سُميت باسم جبال الأنديز حيث لوحظت أولاً. وهذه البراكين تتواجد في المناطق حيث تُبتلع الواحدة من الصفائح الأرضيّة تحت التي تليها.

## لزيد من المعلومات أنظر

- الحوامض ص ٦٨
- القارّات المُتحرّكة ص ٢١٤
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- الهزّات الأرضيّة ص ٢٢٠
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- رسم خرائط الأرض ص ٢٤٠



# نشوء الجبال

تَشِيخُ الجبالِ كما يَشِيخُ الإنسانُ، لَكِنْ لَيْسَ سَرِيعًا جِدًّا مِثْلَهُ. فِلسِلَةُ جِبالِ الهِمَلايا في آسِيا بَدَأَتْ بِالنَّشْؤِ مِنْذُ ٥٠ مِليونِ سَنَةٍ، وَلَا تَزَالُ شَابَةً فِي دَوْرِ التَّكُونِ. تَتَكَوَّنُ الجِبالُ نَتِيجَةً لِتَكْتُونِيَّاتِ (حَرَكَاتِ وَقُوى تَشَكُّلِ) الصَّفائحِ القَارِيَّةِ - وَهي التَّكْتُونِيَّاتُ الَّتِي تَحْدُثُ فِي قِشْرَةِ الأَرْضِ، ضَاطِعَةً وَعَاصِرَةً حَوَافَّ القَارَاتِ. هَذِهِ القُوى تَرْفَعُ الجِبالَ مِنَ الأَرْضِ قَسْرًا. وَتُحَدِّدُ بَعْضُ سَلَالِسِ الجِبالِ القَدِيمَةِ، كَجِبالِ الأورالِ في رُوسِيا والمُرتَفَعَاتِ الإسْكَتْلَنْدِيَّةِ، مَوَاقِعَ تَصَادُمِ الصَّفائحِ القَارِيَّةِ فِي أَرْزَامٍ غَابِرَةٍ. نَشْوءُ الجِبالِ يَنْطَوِي عَلَى إِجْهَادَاتٍ عَظِيمَةٍ تُسَبِّبُ التَّوَاءَتِ وَأَنْقِطَاعَاتٍ تَشْكِيلِيَّةً فِي الصَّخُورِ يُمَكِّنُكَ تَقْصِيهَا فِي المَنَاطِقِ الجَبَلِيَّةِ.

خارطة جبال العالم

مجموعة الجبال  
الأفريقية الشرقية

## توزع الجبال

سَلَالِسُ الجِبالِ الرِّئيسِيَّةُ عَلَى الأَرْضِ هِيَ جِبالُ طَيِّ تَكُونَتْ بِانْضِغَاطِ حَوَافِّ القَارَاتِ، أَوْ حَيْثُ تَصَادَمَتِ الصَّفائحُ القَارِيَّةُ. أَمَّا الجِبالُ الكُتْلِيَّةُ، المُتَكَوِّنَةُ بِالمَظِّ، فَهِيَ أَقَلُّ لَفَنًا لِلأَنْظَارِ عَلَى نِطاقِ عَالَمِي - عِلْمًا أَنَّهُ يُمَكِّنُ تَكَوُّنَ البَرَاكِينِ بَيْنَ جِبالِ الطَيِّ أَوْ بَيْنَ الجِبالِ الكُتْلِيَّةِ.

تَنْزِلُ صَفِيحَةٌ مُحِيطِيَّةٌ تَحْتَ إِحْدَى القَارَاتِ؛ فَيَقْلِقُ الاِحْتِكَاكُ الحَافَّةَ القَارِيَّةَ إِلَى أَسَافِينَ، دَافِعًا كُلَّ إِشْفِينٍ مِنْهَا خَلْفًا تَحْتَ الإِسْفِينِ الَّذِي يَلِيهِ.

## جبال الطي: عمليًا

تُكُونُ الاسَافِينُ القَارِيَّةُ المُنْضِغَةُ جُزْأً وَسَلَالِسُ سَاجِلِيَّةً وَعِزَّةً. وَهِيَ تَتَأَلَّفُ مِنْ مَزِيجٍ مُرَكَّبٍ مِنَ الرُّسَابَاتِ المُحِيطِيَّةِ وَالْمَوَادِّ القَارِيَّةِ.

## تكوين جبال الطي

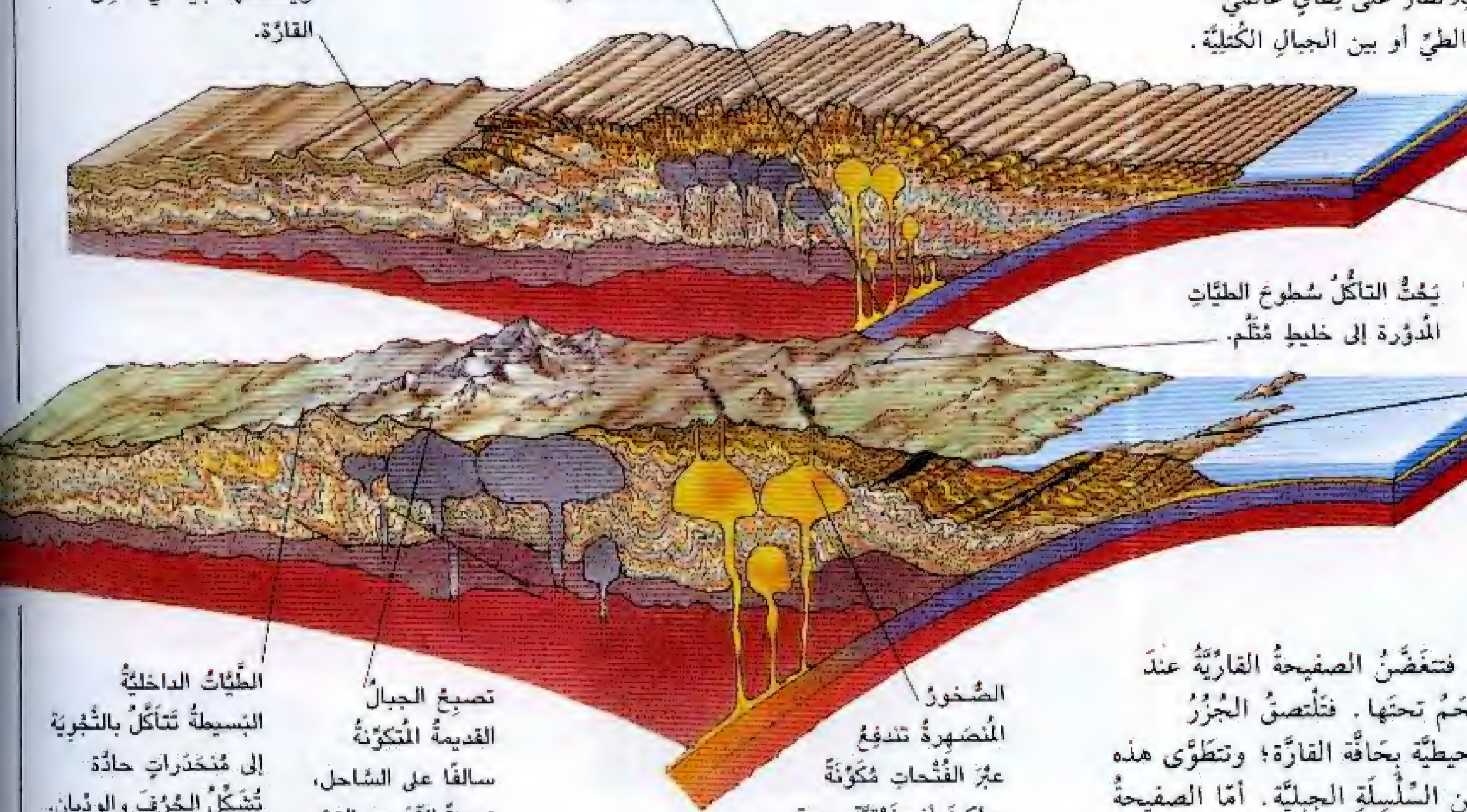
تَتَكَوَّنُ جِبالُ الطَيِّ عَلَى حَافَّةِ القَارَّةِ. فَتَغْضُنُ الصَّفِيحَةُ القَارِيَّةُ عِنْدَ أَرْطَامِهَا بِالصَّفِيحَةِ المُحِيطِيَّةِ الَّتِي تُقَحِّمُ تَحْتَهَا. فَتَلْتَصِقُ الجُزُرُ والرُّسَابَاتُ المَنْقُولَةُ مَعَ الصَّفِيحَةِ المُحِيطِيَّةِ بِحَافَّةِ القَارَّةِ؛ وَتَنْطَوِي هَذِهِ مُفْتَحِمَةً طَرِيقَهَا صُعْدًا لِتَصْبِيحَ جُزْأً مِنَ السُّلْسِلَةِ الجَبَلِيَّةِ. أَمَّا الصَّفِيحَةُ الهَابِطَةُ فَتَنْصَهَرُ، وَتَصْاعَدُ الصَّهَارَةُ فِي قَاعَةِ الجِبالِ فَتَرْفَعُهَا أَكْثَرَ، وَتَقْدِفُ البَرَاكِينِ إِلَى السَّطْحِ.

## جبال الطي: نظريًا

الصَّخُورُ القَارِيَّةُ تَنْضِغُ وَتَتَغَضَّنُ وَتَتَلَوَّى فِي طَيَّاتٍ عَمِيقَةٍ.

تَرْفَعُ المَوَادِّ المُنْصَهَرَةُ مِنَ الصَّفِيحَةِ الهَابِطَةِ.

يُصْدَعُ الضَّغْطُ الصَّخُورَ وَيُغْضِنُهَا جَيِّدًا فِي دَاخِلِ القَارَّةِ.



يَحْتُ التَّكَلُّ سَطُوعِ الطَيَّاتِ المَدُورَةِ إِلَى خَلِيطٍ مُتَلَمِّمٍ.

الطَيَّاتُ الدَاخِلِيَّةُ البَسِيطَةُ تَتَأَكَّلُ بِالتَّجْوِيَةِ إِلَى مُنْخَدَرَاتٍ حَادَّةٍ تُشَكِّلُ الجُرُفَ وَالوُدْيَانَ.

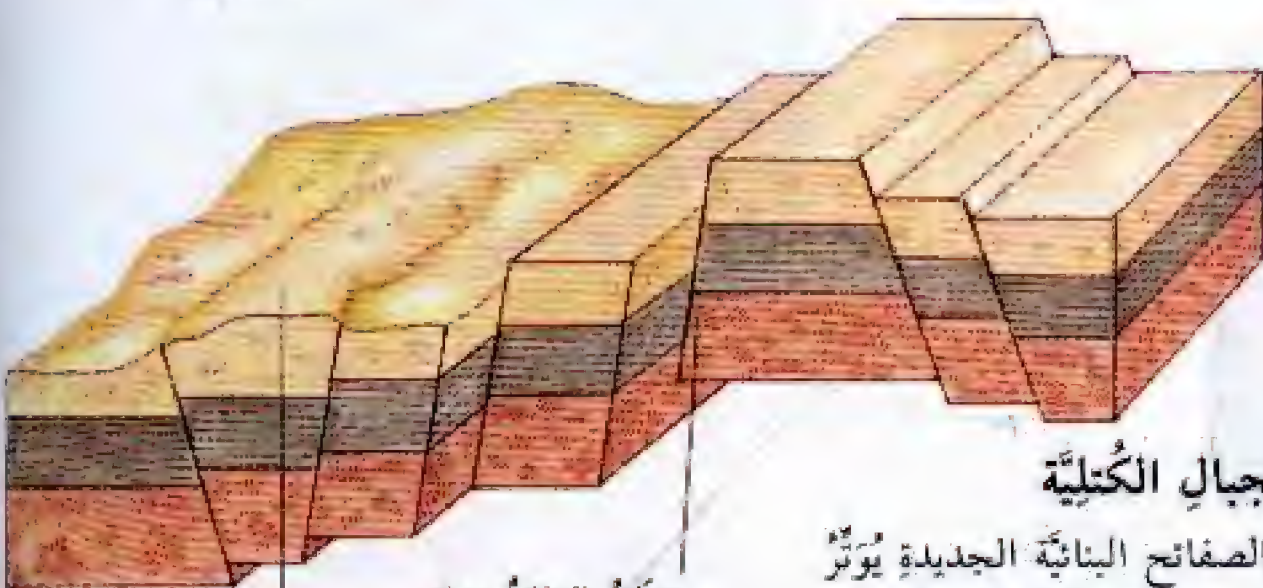
تَصْبِيحُ الجِبالِ القَدِيمَةِ المُتَكَوِّنَةِ سَالِقًا عَلَى السَّاحِلِ، بَعِيدَةً الآنَ عَنِ البَحْرِ.

الصَّخُورُ المُنْصَهَرَةُ تَنْدَفِعُ عَبْرَ الفُتُوحَاتِ مُكَوِّنَةً بَرَاكِينَ أَنْدِيزِيَّةً. وَيَبْقَى الْغَرَانِيتُ مَكْشُوفًا عَلَى السَّطْحِ.

## الجبال الكتلية

بِالتَّحَاكُ

بِدُونِ التَّحَاكُ



## تكوين الجبال الكتلية

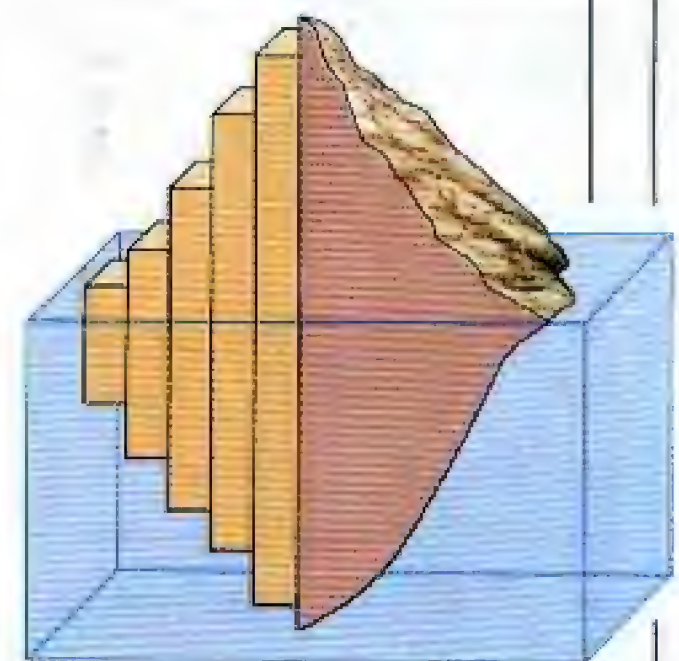
إِنَّ تَكَوُّنَ الصَّفائحِ البَنَائِيَّةِ الجَدِيدَةِ يُؤَثِّرُ قِشْرَةَ الأَرْضِ فَيَقْلِقُهَا كُتْلًا تَفْصِلُ بَيْنَهَا شُقُوقٌ تَسَمَّى صُدُوعًا. وَقَدْ تَنْخِيفُ بَعْضُ هَذِهِ الكُتَلِ، مُكَوِّنَةً أَوْدِيَةً خَسِيفٍ، نَارَكَةَ الكُتْلُ القَائِمَةُ بَيْنَهَا كَجِبالِ كُتْلِيَّةٍ، كَيْتِكَ المُنَاجِدَةِ فِي شَرْقِ أَفْرِيقِيَّةِ.

تَنْفَلِقُ القَارَّةُ بِفِعْلِ التَّوْثُرِ إِلَى كُتَلٍ يَتَحَرَّكُ بَعْضُهَا بِالنَّسْبَةِ إِلَى بَعْضِهَا الْآخَرِ.

التَّحَاكُ السَّطْحِيُّ يُدَوِّرُ حَافَاتِ الكُتْلِ وَيُغْطِي الصَّدُوعَ؛ فَتَتَغَذَّرُ تَمَيِّزُهَا.

## الجبال الطافية

فِي العَامِ ١٨٥٥، ارْتَأَى الفَلَكِيُّ الْبَرِيطَانِي جُورْج بِيدِل عِيبَرِي، أَنَّ الجِبالَ، كَمَا الكُتْلُ الحَسْبِيَّةُ الطَّاقِيَّةُ فِي المَاءِ، يَزْدَادُ عُمُقُهَا تَحْتَ السَّطْحِ كُلَّمَا زَادَ أَرْتِفَاعُهَا فَوْقَهُ. وَتَبَيَّنَ الْأَبْحَاثُ الْحَدِيثَةُ أَنَّ قِشْرَةَ القَارِيَّةِ أَسْمَكُ كَثِيرًا فِي المَنَاطِقِ الجَبَلِيَّةِ مِنْهَا فِي المَنَاطِقِ المُنْبَسِطَةِ، وَأَنَّ لِلْجِبالِ جُذُورًا تَمْتَدُّ عَمِيقًا فِي طَبَقَةِ الدَّنَارِ.



نموذج لجذور جبل



## تكوُّن الطِّبَّات

عندما تتعرَّض طبقات الصُّخور لِضُغُوطٍ بالغةٍ لا تحتملُها فإنَّها تنشئ طَبَّاتٍ. فالطبقةُ المُندالَّةُ سَفَلًا هي طبقةٌ مُقعَّرة، فيما الطبقةُ المُقنطرةُ (المُقوسَّةُ صُعدًا) طبقةٌ مُحَدَّبةٌ؛ وغالبًا ما تتواجدان معًا. ويسمَّى الحَظُّ، الذي يَنشئ الصخرُ على أَمَدٍ، مَحَوَّرَ الطَّيِّ.

## معالم طَبَّةٍ نموذجية

الطبقاتُ النُّخينةُ من الصُّخور الغليظة البنية، كالخجر الرُّملي، تتصدَّع بالتطوُّي مُكوِّنة شقوقًا تَنقُصُ مِزَاجًا من مَحَوَّرِ الطَّيِّ.

الطبقاتُ المتعدِّدةُ الرُّاقات، كالطُّفَل، تتغصَّن بالطَّيِّ.

طبقات الصُّخور النُّخينة، كالخجر الكلسي، قد تنفلق بالطَّيِّ قَلْوًا شَوَازِيَّةً لِلْمَحَوَّرِ.

الصَّامدةُ تتصدَّع بالطَّيِّ، أمَّا الضَّعيفةُ فتتسَوَّه وتتغصَّن.

## أنواع الطَّبَّات

تسَوَّه الصُّخورُ بِطَرِيقٍ مُختلفةٍ تُنتِجُ أنواعًا مُختلفةً من الطَّبَّات. الطَّبَّاتُ المِيشَّةُ أعلاه هي طَبَّاتٌ مُماثلةٌ، يعني أنَّ الطبقةَ تتطوِّي حَوْلَ مُستَوٍ عموديٍّ. أمَّا في الطَّبَّاتِ اللَّاتِمَائِلِيَّةِ، فتبدو الطبقةُ مائلةً مُنحَرَفَةً بِفعلِ الضَّغطِ المُسلَّطِ عليها. وقد تتعاطَمُ الضُّغُوطُ جِدًّا فتَنشِئُ الطبقةَ بِكامِلِها، وتُصْبِحُ صَدْعًا دَسْرِيًّا.

## طَبَّةٌ لَاتِمَائِلِيَّةٌ

## طَبَّةٌ مُضَطَّجَّةٌ

## طَبَّةٌ

تُبيِّنُ طبقاتُ الصُّخورِ المَطْوَاةُ هذه في نِيُوفُولْدلند، نِيُوجِرسي بالولاياتِ المُتَّحِدَةِ، الأشكالُ التي اتَّخَذَتْها الطَّبَّاتُ. وتُسمَّى الطَّبَّةُ في مُنكَشَفِ صَخْرِيٍّ بِالشَّكْلِ المُستدير الذي تُحْدِثُهُ في طبقاتِ الصُّخورِ.

## دَسَر (صَدْعٌ دَسْرِيٌّ)

بالضَّغطِ المُستمرِّ تُصْبِحُ الطَّبَّةُ دَسْرًا - يمكنُ مُشاهدتُها كُلِّيَّةً أو صَدْعًا.

الطبقةُ اللَّاتِمَائِلِيَّةُ تبدو مائلةً؛ لأنَّ مَحَوَّرَ الطَّيِّ لِكُلِّ طبقةٍ ليسَتْ فوقَ بعضها مُباشرةً.

الطبقةُ المُضَطَّجَّةُ تبدو كأنَّها وَقَعَتْ على نَفْسِها.

## صَدْعٌ عَادِيٌّ

يَتكوَّنُ الصَّدْعُ العَادِيُّ بالتَوَثُّرِ، فتتصدَّعُ الصُّخورُ وَيَتَرَلَّقُ واجدُها سَفَلًا تَجَاةَ الذي يليه.

مُستَوِي الصَّدْعِ يَقْصِلُ الكُتْلَةَ النُّخينةَ عن الفَوْقِيَّةِ.

الكُتْلَةُ الناتئةُ على السَّطحِ تتلاشى عاجِلًا بِالتَّخَاثُ.

تُبيِّنُ هذه الصُّخورُ في بَيْكْسْهر بايران، كِلَا الصَّدُوعِ العَادِيَّةِ والعَكْسِيَّةِ.

## الصَّدُوع

يُمكنُ مُشاهدَةُ الصَّدْعِ كَشَقٍّ تُحَفُّ به الصُّخورُ مُزَاجُ بعضها بالنَّسبةِ لِبعضٍ.

## دَسَر "صَدْعٌ دَسْرِيٌّ"

تُلفُّ حوافُّ الطبقاتِ قُبالةِ الصَّدْعِ؛ ويُعرَفُ هذا بِالانزِلَاقِ.

الدُّسُرُ صُدُوعٌ عَكْسِيَّةٌ ضَخْلةٌ تتواجدُ في المناطقِ الجبليةِ.

## صَدْعٌ عَكْسِيٌّ

يَتكوَّنُ الصَّدْعُ العَكْسِيُّ بِالانضْغَاطِ فتتحرَّكُ إحدى الكُتْلِ صُعدًا بالنَّسبةِ إلى الأُخْرَى.

## صَدْعٌ مُتَّجِهٌ انزِلَاقِيٌّ بَمِيزِيٍّ

في صَدْعِ المُتَّجِهِ الانزِلَاقِيِّ، تتحرَّكُ الكُتْلُ جانِبِيًّا وليسَ عموديًّا.

صَدْعٌ مُتَّجِهٌ انزِلَاقِيٌّ بَمِيزِيٍّ

في صَدْعِ المُتَّجِهِ الانزِلَاقِيِّ التَّسَارِيّ تحركتِ الكُتْلَةُ المُقابِلَةُ إلى التَّسَارِ.

## أنواع الصَّدُوعِ

أحيانًا، وبالتَوَثُّرِ عَادَةً وليسَ بِالضَّغْطِ، لا تَنشِئُ الصُّخورُ ولا تتطوِّي؛ بل تتصدَّعُ إلى كُتْلٍ يتحرَّكُ بَعْضُها بالنَّسبةِ لِبَعْضٍ أو إِنَّه سَبَقَ لها أن فعلت ذلك. ويُعرَفُ هذا بِالصَّدْعِ. ويسمَّى النِّطاقُ السَّطحيُّ الذي تترَلَّقُ فيه الكُتْلُ عَبرَ بعضها مُستَوِي الصَّدْعِ.

## لمزيد من المعلومات انظر

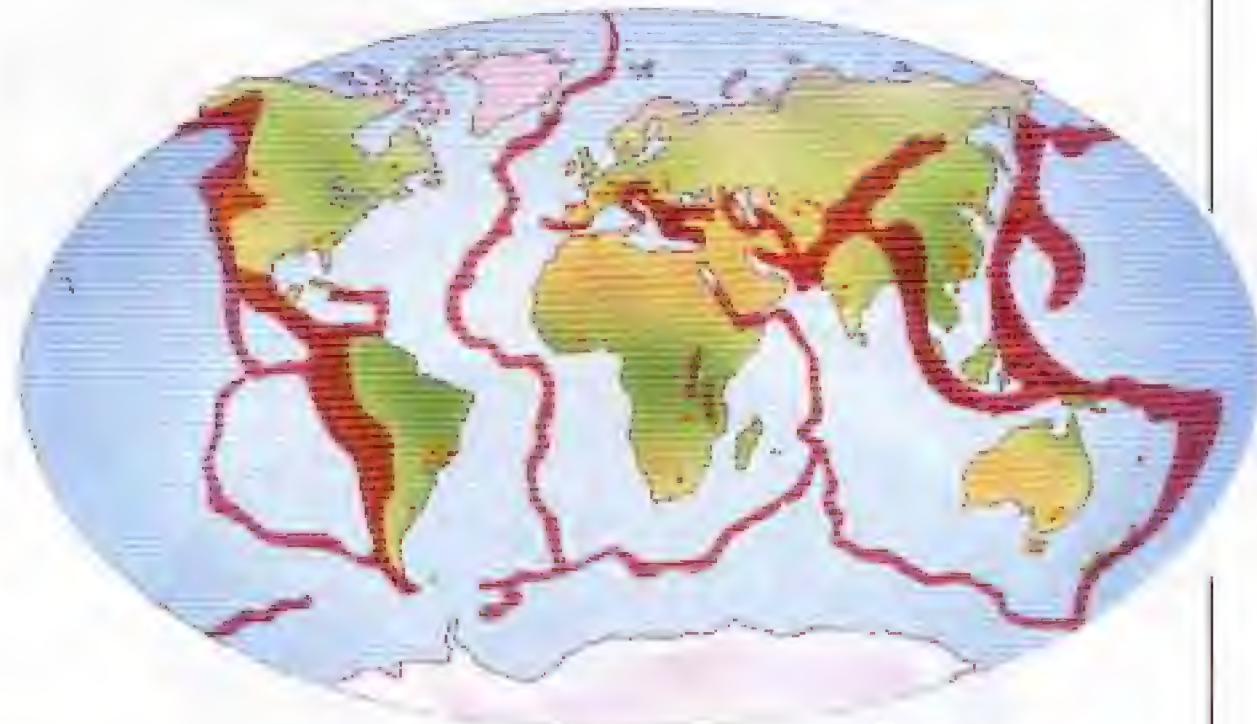
- الضَّغْطُ ص ١٢٧
- بِنْيَةُ الأَرْضِ ص ٢١٢
- القَارَاتُ المُتحرَّكةُ ص ٢١٤
- التَّجْوِيَّةُ والتَّحَاتُ ص ٢٣٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٤



# الهزّات الأرضيّة

إنَّ أشدَّ القوى والتفجيرات المألوفة لدينا تَظَلُّ ضَيِّلَةً جَدًّا بالنسبة للقُوَّة التي تُمزِّق طبقات الصَّخر في قشرة الأرض وتُصدِّعُها. فالطبقات الصَّخرية بطبيعتها لا تتشني ولا تتصدَّع بسهولة، لكنَّ التَّوتُّر الذي تُسبِّبه تحركات الصفائح الأرضيّة يتنامى عَبْرَ السَّنين حتَّى تنوء الصُّخور تحت وطأته، فتتصدَّع فجأة وتتراخ مُصدِّرةً أمواجاً صدميّة مدمِّرة يَرتَجِفُ معها سطح الأرض في تلك المنطقة فيما نُسَمِّيهِ زلزالًا أو هزَّةً أرضيّة. وقد يلي الرَّجْفَةُ الزَّلْزَلِيَّةُ الأولى سِلْسِلَةٌ من الرَّجَفَاتِ اللَّاحِقَةِ على مَدَى بضعة أيام تالِيَّة؛ ثُمَّ تَخبُو عندما تَستَقِرُّ الصُّخورُ في مَوَاقِعِها الجديدة.

خارطة مناطق الزلازل في العالم



مناطق الهزّات الأرضيّة العميقة  
مناطق الهزّات الأرضيّة الضحلة

## مناطق الهزّات الأرضيّة

حدوث الزلازل، كما تُورَانُ البراكين يحصلُ على أمتداد حافات الصفائح الأرضيّة. فتحدثُ الهزّات الضحلة حيث تتلاقى الصفائح فعلاً عند السطح، فيما تحدثُ الهزّات العميقة حيث تُزَلِّق إحدى الصفائح تحت أخرى.

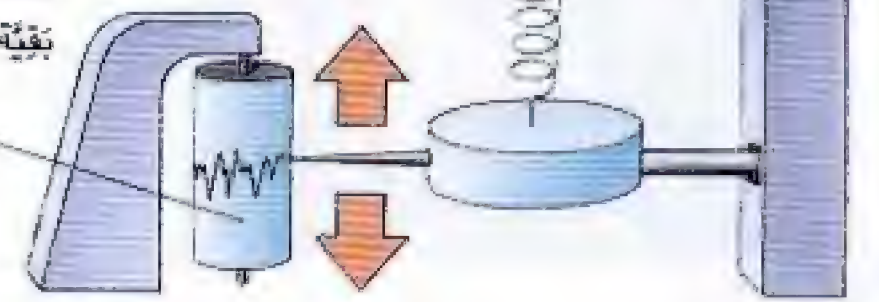
## مقياسُ مِرْكَلي

نُقاسُ شِدَّةِ الزَّلْزَلِ أو كَمِيَّةُ الرَّجْفَةِ، على مقياس مِرْكَلي المُدرَّج على أساس ما يُرى ويُحسُّ خِلالَ الهزّة. ويتراوح مَدَى المقياس بين الدرجة الواحدة للرَّجَفَاتِ البسيطة جدًّا، وبين الدرجة الثانية عشرة للزَّلزلة التي تحدثُ دَمَارًا شامِلًا. وتُسمَّى النُّقطة، في باطن الأرض، التي تنطلقُ منها الهزّة بُؤرة الزَّلْزَلِ؛ ويُشعَّرُ بِشِدَّتِهِ الأعظم في المَرَكز السطحي للزَّلزلة، وهو النُّقطة على سطح الأرض الواقعة تمامًا فوق البُؤرة.

قراءة عموديّة  
تحمل النابض ثقَل المِرْجاف (مقياس الزَّلزلة أو السيزمومتر)

يُضخَّم تحرك بقوّة الغرفة.

الأسطوانة الدوّارة تُسجِّلُ التَّحْرُك المُضخَّم.



قراءة أفقيّة

تُهَيِّئُ الغرفة بينما يَظَلُّ الثَّقَل ساكنًا.

يُضخَّم الاهتزازُ بالقُدرة الدَّراعيّة.

يُسجِّلُ التَّحْرُكُ على الأسطوانة الدوّارة.

## المِرْجاف (السيزمومتر)

المِرْجاف أو مقياسُ الزَّلزلة آلة تُسجِّلُ الهزّات الأرضيّة. يحوي مقياسُ الزَّلزلة ثِقَلًا ثَقِيلًا جدًّا بحيث يَظَلُّ ساكنًا بينما يهتزُّ كُلُّ شَيْءٍ حَوْلَهُ. تُضخَّم الرَّجْفَةُ بفعل الرُّوافِع (القُدرة الدَّراعيّة) وتُسجِّلُ على أسطوانة دَوّارة.

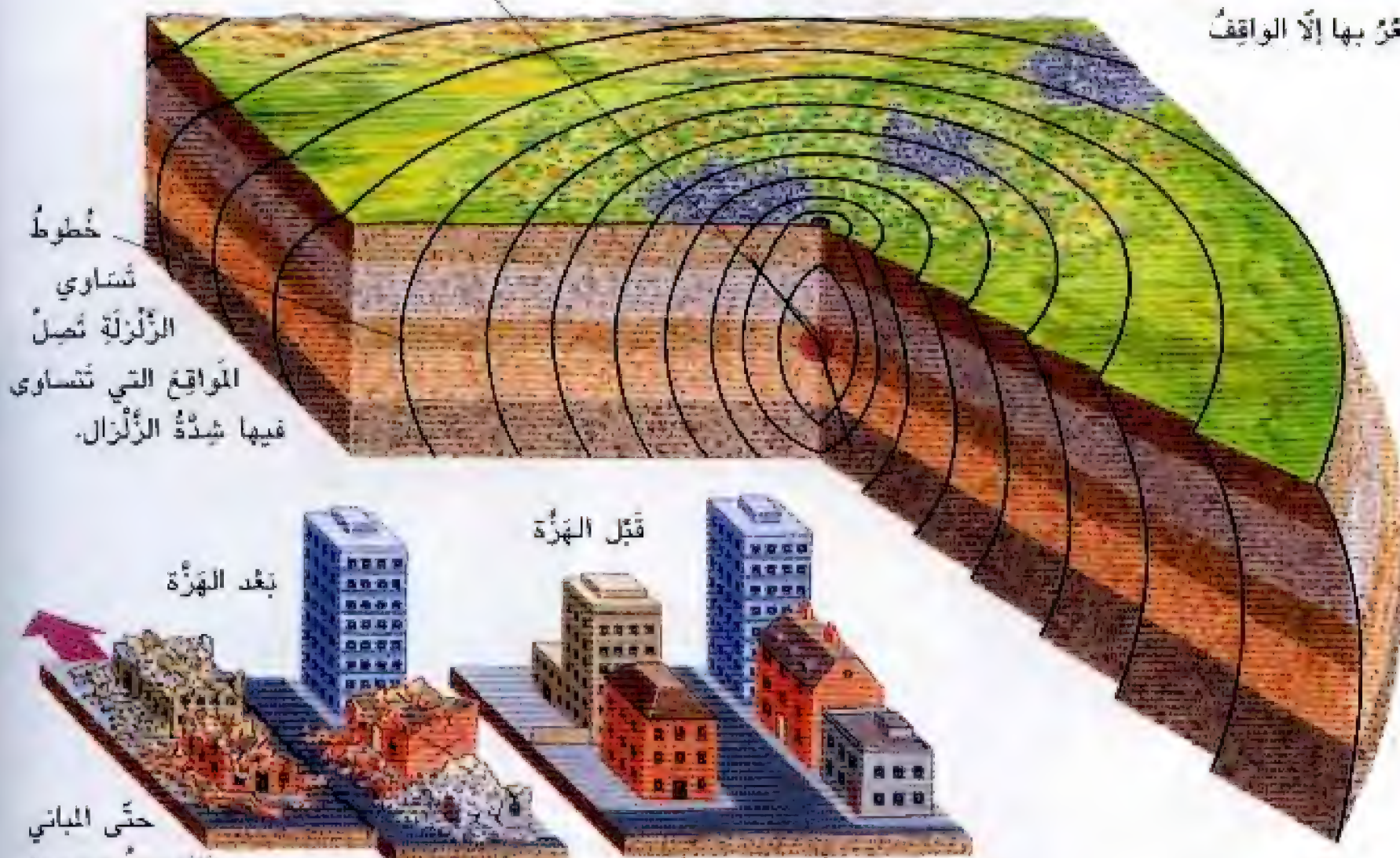
## مقياسُ مِرْكَلي

هزّات الدرجة السابعة على مقياس مِرْكَلي تُحطِّمُ النوافذ وتُحرِّكُ الأثاث وتُسْقِطُ أُنَابِيص المَدِينَةِ وجِلَاطِهَا.

تُحرِّكُ الصُّخور الأعظمُ يَحدُثُ في بُؤرة الزَّلْزَلِ.



هزّات الدرجة الثانية على مقياس مِرْكَلي، تكونُ خفيفة فلا يُشعَّرُ بها إلا الواقِفُ في طابقٍ علويّ.



قَبْلَ الهزّة

بَعدَ الهزّة

حتّى المباني الأفضل تصميمًا

قد تُتَهارُ بفعلِ هَزَّةٍ عَنيفَةٍ. وقد تُصنِّدُ المباني العالية أكثر من الخفيفة. والمعلومُ أنَّ النارَ والأمراضَ هي أخطارٌ تَعقُبُ الزلازلَ دائمًا.

## التدميرُ الشامِلُ

على درجة ١٢ من مقياس مِرْكَلي يكونُ التدميرُ شامِلًا. فتموجُ الأرضُ بتموجاتٍ كأَمَواجِ البَحر، وتُتَصدَّعُ الأجسامُ في الهواء، وتُدمَّرُ المباني تدميرًا كامِلًا. كما تَغيَّرُ المَعَالِمُ الجُغرافيّةُ للمنطقة بِشَكلٍ دائم. ولِحُسْنِ الحَظِّ، فإنَّ قَلَّةً من الهزّات تبلغُ هذه الدرجة من الشِدَّة.

## مقياسُ رِخْتَر

يُقاسُ قَدْرُ الهزّة الأرضيّة، في مُقابِلِ شِدَّتِها، بِمِرْجاف رِخْتَر وهو مقياسُ زلزلة (سيزمومتر)، من تصميم عالم الزلازل الأمريكي شارل ف. رِخْتَر، عام ١٩٣٥. فالهزّات الأرضيّة العنيفة على هذا المِرْجاف قد تبلغُ درجة ٦ أو أكثر، أما الأعنى والأشدُّ تدميرًا فقد تبلغُ درجة ٨,٩.



مُشْهَدُ هَزَّةٍ أرضيّة في أَرْژِيكان، بِرُكِنَا.

## لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الاهتزازات ص ١٢٦
- بنية الأرض ص ٢١٢
- القارّات المتحركة ص ٢١٤
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- حقائق ومعلومات ص ٤١٤



# الصُّخُورُ وَالْمَعَادِن

الأرض التي نَمشي في مَنَاجِبِهَا، وَنَشِيدُ الْمَبَانِي عَلَيْهَا، وَنَزَرَعُهَا بَسَاتِينَ وَحُقُولًا تَتَأَلَّفُ مِنْ صُخُورٍ؛ وَكُلُّ صَخُورِ الْأَرْضِ تَتَأَلَّفُ مِنْ كِيمَاوِيَّاتٍ تُسَمَّى مَعَادِن. بِالْفَحْصِ الْمَجْهَرِيِّ، يَتَبَيَّنُ أَنَّ الصَّخْرَ مُؤَلَّفٌ مِنْ بِلُورَاتٍ مَعْدِنِيَّةٍ مُتَبَايِنَةٍ تَتَنَامَى وَتَتَدَاخَلُ مَعًا كَالْفَسْفِسَاءِ. وَلَا يَحْوِي الصَّخْرُ الْمَعْيَنُ عَادَةً أَكْثَرَ مِنْ سِتَّةِ أَنْوَاعٍ مِنَ الْمَعَادِنِ، لِكُلِّ نَوْعٍ مِنْهَا تَرَكيبُهُ الْكِيمَاوِيُّ الْمُتَمَيِّزُ. وَتَتَأَلَّفُ قِشْرَةُ الْأَرْضِ مِنْ ثَلَاثَةِ أَنْوَاعٍ مُتَبَايِنَةٍ النِّشَاءِ مِنَ الصُّخُورِ هِيَ الْبُرْكَانِيَّةُ (أَوِ النَّارِيَّةُ) وَالْمُتَحَوِّلَةُ وَالرُّسُوبِيَّةُ. فَالصُّخُورُ الْبُرْكَانِيَّةُ تَنْشَأُ مِنْ تَصَلُّبِ الصُّهَارَةِ السَّائِلَةِ بِالْبُرُودَةِ. وَتَنْتُجُ الصُّخُورُ الْمُتَحَوِّلَةُ مِنْ تَحَوُّلِ الصَّخْرِ كِيمَاوِيًّا بِالْحَرَارَةِ أَوِ الضَّغْطِ إِلَى صَخْرٍ مُخْتَلِفِ النُّوعِيَّةِ. أَمَّا الصُّخُورُ الرَّسُوبِيَّةُ فَتَتَكَوَّنُ بِتَلَاخِمِ قُتَاتِ الصُّخُورِ وَأَنْوَاعِ الْحُثَاتِ وَالْأَنْقَاضِ الْآخَرَى.



بِلُورَاتُ الْمَرْوِ  
الرَّمَادِي

## أنواع الغرانيت المختلفة

في بعض الصُّخُورِ، كَالْغَرَانِيْتِ، تَتَكَوَّنُ بِلُورَاتُ الْمَعَادِنِ مِنَ الْكِبَرِ بِحَيْثُ تُرَى بِالْعَيْنِ الْمَجْرَدَةِ. يَتَأَلَّفُ الْغَرَانِيْتُ مِنْ مَعَادِنِ الْمَرْوِ (الْكُوَارْتِزِ) وَالْفِلْسِبَارِ وَالْمَيْكَا؛ وَقَدْ يَكُونُ لَوْنُ الصَّخْرِ قَرْنَفَلِيًّا أَوْ رَمَادِيًّا، تَبَعًا لِنَوْعِ الْفِلْسِبَارِ الَّذِي يَحْوِيهِ.



مَرْوٌ قَرْنَفَلِيٌّ  
الْوَنَ

غَرَانِيْتُ نَقْشِي

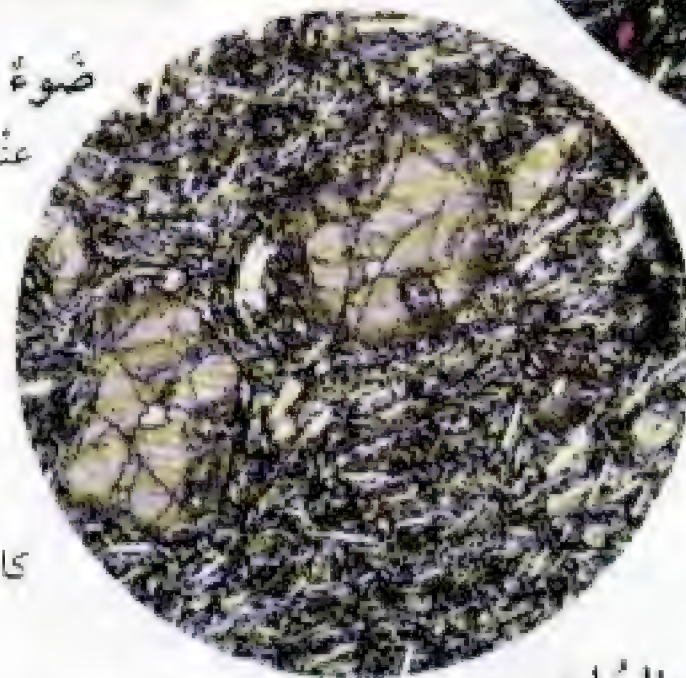


غَرَانِيْتُ الْبَيْتُونِيَّتِ



## ضوء مُسْتَقْطَب

عِنْدَ فَحْصِ شَرِيحَةٍ صَخْرِيَّةٍ بِمَجْهَرٍ مُزَوِّدٍ بِمُرْشِحٍ مُفَرِّدِ الْإِسْتِقْطَابِ (يُسَمَّى بِمُرُورِ أَمْوَاجِ ضَوْئِيَّةٍ مُعَيَّنَةٍ فَقَطْ) تَظْهَرُ الْمَعَادِنُ كُلُّهَا عَلَى جِدَةٍ، شَفَافَةٍ فِي مُعْظَمِهَا. وَقَدْ يُظْهَرُ بَعْضُهَا لَوْنًا ضَبَلًا؛ وَقِلَّةٌ مِنْهَا، كَالْحَدِيدِ، تَبْدُو ظَلِيلَةً كَامِدَةً بِالْكَامِلِ.



## صَخْرٌ مُزَوِّجُ الْإِسْتِقْطَابِ

إِذَا تَمَخَّضْنَا الشَّرِيحَةَ الصَخْرِيَّةَ نَفْسَهَا عَنَّا مُرْشِحِينَ مُسْتَقْطَبِينَ تَبْدُو الْمَعَادِنُ فِي نَسَقٍ رَائِعٍ مِنَ الْأَلْوَانِ؛ وَتَتَغَيَّرُ هَذِهِ الْأَلْوَانُ إِذَا غَا دُورِبَ الشَّرِيحَةُ تَحْتَ الْمَجْهَرِ. وَيُمْكِنُ تَعْيِينَ هُويَّةِ الْمَعَادِنِ كُلِّهَا عَلَى جِدَةٍ مِنْ مَظْهَرِهِ وَمِنْ تَغْيِرَاتِ الْوَانَةِ.



## الْخَلِي

بَعْضُ الْمَعَادِنِ جَمِيلٌ أَخَادَ، إِذَا يُسْتَعْمَلُ فِي صِنَاعَةِ الْخَلِيِّ. وَتَعْتَمِدُ قِيَمَةُ مَعَادِنِ الْخَلِيِّ هَذِهِ عَلَى نُدْرَتِهَا وَبِقَدَارِ الطَّلَبِ عَلَيْهَا.

بِلُورَاتُ الْجَمَشْتِ  
تَوَلَّفُ جَنَازًا  
حَوْلَ جُوزَةِ  
صَخْرِيَّةٍ



## الهيماتيت

تَحْوِي الْخَامَاتُ الْمَعْدِنِيَّةُ فِلِزَاتٍ يُمَكِّنُ قَضْلُهَا بِسَهُولَةٍ؛ كَالْهِيْمَاتِيْتِ أَخَذَ خَامَاتِ الْحَدِيدِ. فَالْحَدِيدُ فِلِزٌ مَتِينٌ مَبْرُونٌ (قَابِلٌ لِلشَّيْءِ) يُمَكِّنُهُ الْإِتِّخَادُ مَعَ فِلِزَاتٍ أُخْرَى لِتَكْوِينِ سَبَاكِكِ. وَأَسْتِعْمَالَاتُ الْحَدِيدِ وَاسِعَةٌ الْنَّطَاقِ - مِنْ صُنْعِ الْإِبْرِ وَالْمَقْصَّاتِ إِلَى زُرْشِ وَأَشْغَالِ الْإِنْشَاءَاتِ الصَّنَاعِيَّةِ الضَّخْمَةِ.

هِيْمَاتِيْتٌ، خَامٌ  
حَدِيدِيٌّ

## سُلْمٌ مُوَهَّزٌ

يُمْكِنُ تَعْيِينَ هُويَّةِ الْمَعَادِنِ مِنْ صَلَادَتِهَا. فَالْمَعْدِنُ الَّذِي يَسْتَطِيعُ خَدَشُ مَعْدِنٍ آخَرَ هُوَ أَصْلَدُ مِنْهُ. وَيَتَرَاوَحُ سُلْمُ مُوَهَّزٍ لِقِيَاسِ صَلَادَةِ الْمَعَادِنِ بَيْنَ ١ وَ ١٠ - بِاعْتِبَارِ صَلَادَةِ الطَّلَقِ (أَلْيَنُ الْمَعَادِنِ) ١، النِّجَاسِ ٢، الْكَلْسِيْتِ ٣، الْفِلُورِيْتِ ٤، الْأَبَاسِيْتِ ٥، الْأُورْتُوكَلَازِ ٦، الْكُوَارْتِزِ ٧، الثُّوبَازِ ٨، الْكُورَنْدُمْ ٩ وَالْمَاسِ ١٠ (أَصْلَدُ الْمَعَادِنِ).



الْمَاسِ



الطَّلَقُ (الْقَلْبُ)

## الجُوزَةُ الصَّخْرِيَّةُ (الْمُبْطَنَةُ بِالْبِلُورَاتِ)

قَدْ تَدَوَّبَ مَعَادِنُ الصُّخُورِ فِي الْمَاءِ أَوْ فِي سَوَائِلِ بُرْكَانِيَّةٍ مَارَّةٍ غَيْرَهَا، وَتُحْمَلُ إِلَى مَوَاقِعٍ أُخْرَى. وَالْمَعَادِنُ الَّتِي تَتَرَاكَمُ عَلَى جَوَانِبِ نَجْوِيٍّ صَخْرِيٍّ قَدْ تَكُونُ جُوزَةً صَخْرِيَّةً مُبْطَنَةً بِالْبِلُورَاتِ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- التَّارِيقُ الْكِيمَاوِي ص ٢٨
- البِلُورَاتِ ص ٣٠
- العُنَاصِرُ ص ٣١
- الْحَرَقَاتِ ص ١٠٩
- بِنْيَةُ الْأَرْضِ ص ٢١٢
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٥



# الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة

أثناء آختراقِ الشَّمْعَةِ يَنْضُبُّ بعضُ الشمع السائلِ قَطْرَاتٍ على جوانبِها ويتجمّد. هكذا تتكوّن الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة إِذ تتصلّبُ من كتلةٍ صخريّة منصهرة كما تتصلّبُ اللَّابَةُ المُنسابةُ عندما تَبْرُدُ على حَوافِ بُرْكان. ونظرًا لِفاعليّةِ العاملِ الحراريّ في تكوين الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة، فقد سُمِّيت أيضًا «الصُّخُورُ الناريّة». هنالك نوعان رئيسيان من الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة: النابِطَةُ السطحيّة والمُنْدَسَةُ الجوفيّة. الأنواعُ السطحيّة تنشأ من تصلّب الصُّهارة بِسرعة فوق سطح الأرض كما اللَّابَةُ؛ وهذا يُكسِبُها نَسْجَةً بلّوريّة دقيقة الحبيبات. أمّا الصُّخُورُ الجوفيّة فتنشأ من صُّهارة تصلّبت بالتبريد البطيء عميقًا تحت سطح الأرض لِتُنتِجَ صَخْرًا خَشِنَ النَسْجَةِ البلّورية كبير الحبيبات.

## البازُلت

البازُلتُ صَخْرٌ بُرْكَانِيٌّ سطحيّ نموذجيّ نشأ من اللَّابَةِ؛ وهو صَخْرٌ كثيفٌ داكنٌ مُسَوَّدٌ بسبب المعادن المتواجدة فيه، وهو سبب التبريد السريع دقيق الحبيبات المُبلّرة.



بلّورات الغرانيت كبيرة بحيث تُرى بالعين المُجرّدة.

ينشأ البازُلت عندما تبرد اللَّابَةُ البرُكَانِيّة فوق سطح الأرض.



## الغرانيت

الغرانيتُ صَخْرٌ بُرْكَانِيٌّ جوفيّ، يوجد منه عدّة أنواع كُلُّها فاتحة اللون بسبب طبيعة المعادن الفاتحة اللون فيها. ويتسفرّق الغرانيت وقتًا أطول من البازُلت لِتصلّب، مُكوّنًا بلّورات أكبر حجمًا بحيث تُرى بسهولة.

## تكوّن الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة

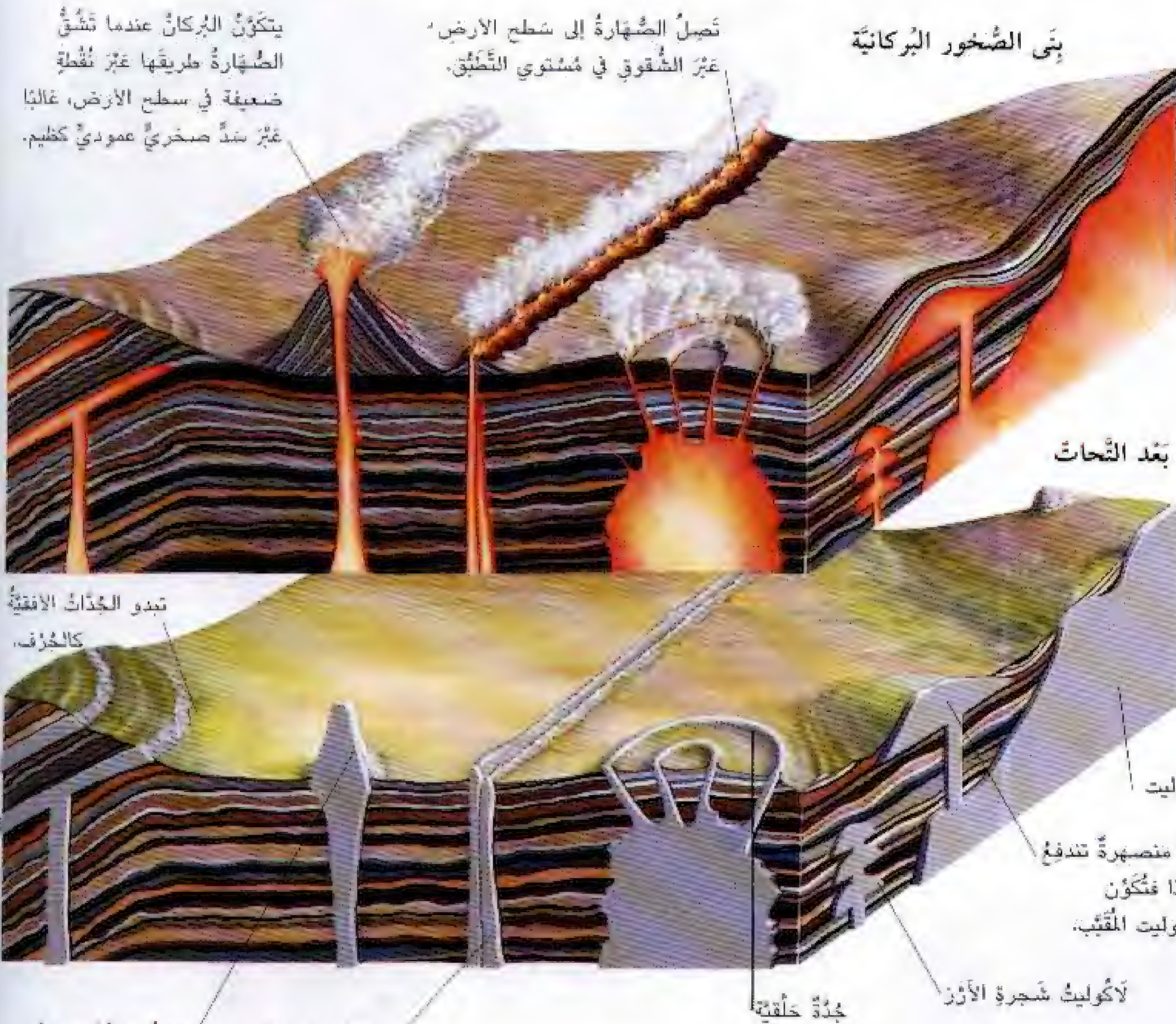
تنشأ الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة الخفيفة نسبيّة السليكا، كالبازُلت، من صُّهارة مادة الدثار الأرضي. أمّا صُّهارة مادة الصفائح الأرضيّة فتكوّن صُّخُورًا بُرْكَانِيّة عالية نسبيّة السليكا، كالغرانيت، الذي يتصلّب كُتَلًا ضخمة كالسَّنام الغائر (باتوليت) أو في قِباب أنداسائيّة (لأكوليت)، أو يتكوّن في الصَّدُوع مُشكَلًا جُذاتٍ قاطعة (سُدودًا صخريّة عموديّة) أو مُوازية أفقيّة؛ أو قد يُنْجَسُ عَبرَ السَّطح. ولا يُرى الصُّخْرُ الجوفيّ إلّا بَعْدَ تَحَاتِ الطبقاتِ الفوقيّة.



## جُدَّة قاطعة بُرْكَانِيّة

عندما تُسَرُّ الموادُ المنصهرة طريقها إلى صَدْعٍ وتتصلّب، تتكوّن صَخْرًا أنداسائيًا متوسّط حجم الحبيبات. وهذا الصَخْرُ أصلدُ عادة من الصُّخُورِ المحيطِ به، لذا يصمّد هذا الاندساسُ بعد التَّحَاتِ كمُعْلَمٍ طبيعيّ أرضيّ بارز.

## بَنَى الصُّخُورِ البرُكَانِيّة



## رَصْفُ الطَّرِيق

الصُّخُورُ البرُكَانِيّة صَلْدَةٌ جدًّا. والحَصْبَاءُ من كُسَارَتِها تصلّحُ كمادّة رَصْفٍ قويّة جيّدة لِتَعْبِيدِ الطَّرِيق، خاصّة بَعْدَ خَلْطِها بِالرَّفْت؛ لأنَّ الرِّفْتَ يَمْنَعُ تَفْتَتَ معادِنِها السَّليكاويّة (الفِلْسِبَار) بالتَّجْوِية.



يُفَرِّشُ سَطْحُ الطَّرِيقِ بِخَلِيطٍ من حَصْبَاءِ الغرانيت والرِّفْت السَّاجِن.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- بِنْيَةُ الأرض ص ٢١٢
- البراكين ص ٢١٦
- الصُّخُورُ والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٥



# الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ

القَصَّةُ (الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ المَكْتَلَّةُ)

تَتَكَثَّرُ الحَصْبَاءُ الأَخْضَرِيَّةُ إِلَى صَخْرٍ رُسُوبِيٍّ قَتَانِيٍّ حَشِينٍ يُدْعَى القَصَّةُ أَوْ الرَصِصُ. وَتَشْمَلُ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ القَتَانِيَّةُ الأُخْرَى الحَجَرُ الرَّمْلِيَّ - المُوَلَّفُ مِنْ طَبَقَاتِ الرَّمْلِ فِي الصَّحَارَى أَوْ عَلَى شَوَاطِئِ البَحَارِ - وَالطَّفَلُ المُوَلَّفُ مِنْ طَبَقَاتِ الرُّخْلِ وَالْقَلِينِ.

صَخْرٌ مَكْتَلٌ

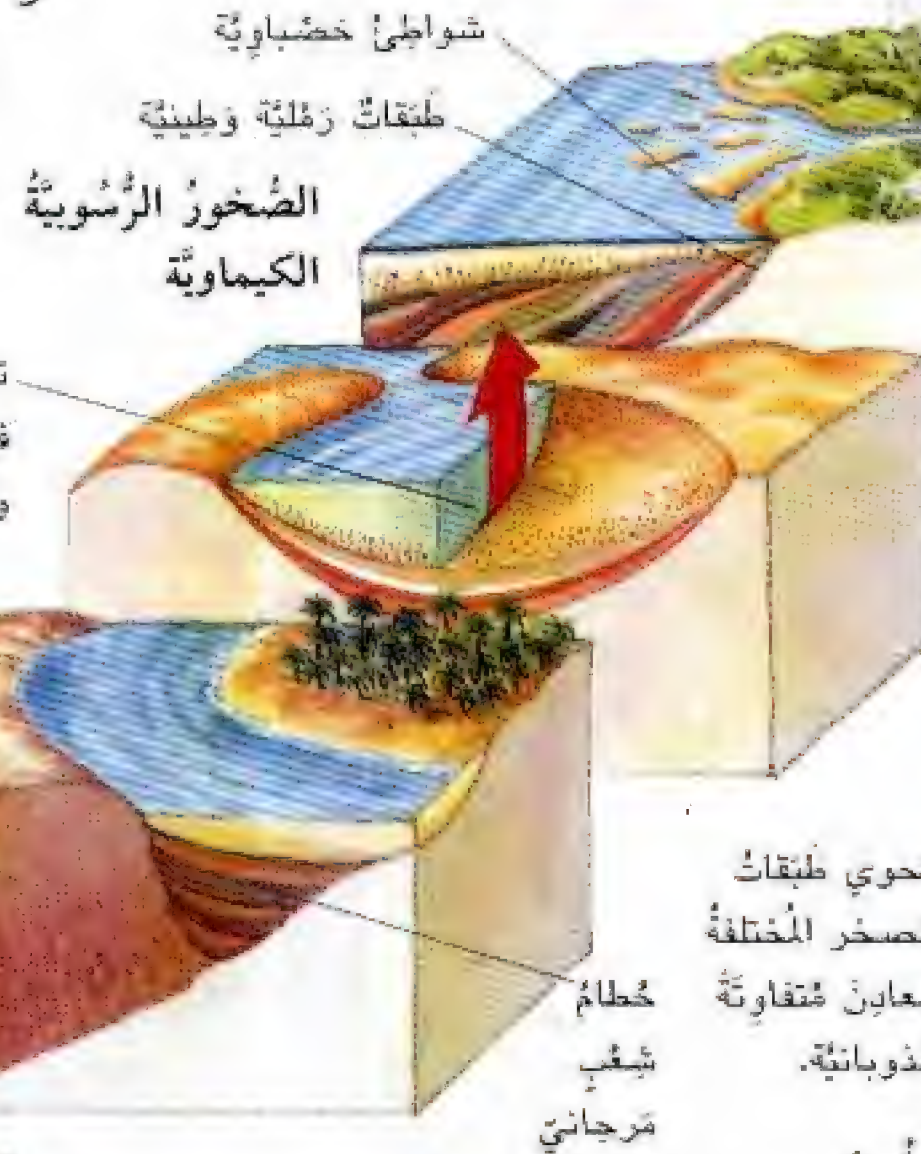


لَا يُمَكِّنُكَ مَعْرِفَةُ مَا قَدْ تَحْوِيهِ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ؛ فَالكَثِيرُ مِنْ أَنْوَاعِ هَذِهِ الصُّخُورِ يَتَأَلَّفُ مِنْ صَخُورٍ مُتَعَدِّدَةٍ أُخْرَى، أَوْ حَتَّى بَقَايَا حَيَوَانِيَّةٍ مُلْتَصِقَةٍ بَعْضُهَا بِبَعْضٍ. تَنْشَأُ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ مِنْ جُسَيْمَاتٍ مُتْرَاصَةٍ كَطَبَقَاتٍ مِنَ الرُّسَابَاتِ تُطْمَرُ وَتُضَغَطُ لَاحِقًا فَتَلْتَجِمُ بِالسَّمْتَةِ إِلَى كِتْلَةٍ جَامِدَةٍ. يُوجَدُ ثَلَاثَةُ أَنْوَاعٍ مِنَ الصُّخُورِ الرُّسُوبِيَّةِ: القَتَانِيَّةُ، وَتَتَأَلَّفُ مِنْ كُسَارَةٍ وَفُتَاتٍ صَخُورٍ سَالِفَةٍ؛ وَالكِيمَاوِيَّةُ، وَتَنْشَأُ بِانْفِصَالِ المَوَادِّ الكِيمَاوِيَّةِ، كَالْأَمْلَاحِ، المُذَابِ فِي المَاءِ، عَنْ مَحَالِيلِهَا؛ وَالحَيَوِيَّةُ المَنْشَأُ، وَتَتَأَلَّفُ مِنْ بَقَايَا الكَائِنَاتِ الحَيَّةِ.

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ القَتَانِيَّةُ

يَقْتُلُ المَطَرُ والعَوَامِلُ الجَوِّيَّةُ الصُّخُورَ المَكْتَلَّةَ إِلَى كُسَارَةٍ وَحُطَامٍ.

تَجْرِفُ المِيَاءُ الجَارِيَّةُ هَذَا الحُطَامَ الصَّخْرِيَّ إِلَى البَحْرِ حَيْثُ يَتَرَسَّبُ.



تَحْوِي طَبَقَاتُ الصَّخْرِ المَخْتَلِفَةَ مَعَادِينَ مُتَفَاوِتَةً الذَوَابِنِيَّةَ

حُطَامٌ شَيْخَبٌ مَرَجَانِيٌّ

مِلْحٌ صَخْرِيٌّ

المِلْحُ الصَّخْرِيُّ

تَحْوِي مِيَاءُ البَحْرِ مَعَادِينَ مُذَابِةً، فَإِذَا عَزَلُ جُزْءٌ مِنَ البَحْرِ وَجَفَّ تَرَسَّبَ هَذِهِ المَعَادِنُ طَبَقَةً فِي القَاعِ. فَالمِلْحُ الصَّخْرِيُّ وَبَعْضُ أَنْوَاعِ الحَجَرِ الكِلْسِيِّ هِيَ صُّخُورٌ رُسُوبِيَّةٌ كِيمَاوِيَّةٌ نَمُودَجِيَّةٌ.

تَكُونُ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ

طَبَقَاتُ مِنَ الرُّسَابَاتِ

الرُّسَابَاتُ الَّتِي تُصْبِحُ فِي النِّهَايَةِ صَخُورًا رُسُوبِيَّةً قَدْ تَغَطَّى كَامِلَ قَاعِ البَحْرِ أَوْ مِسَاحَاتٍ صَغِيرَةً مِنْهُ. أَمَّا حَيْثُ تَلْتَقِي بَيْتَانِ، كَمَا فِي مَضَبِّ دِلْشَاوِيٍّ فِي البَحْرِ، فَهَنَالِكَ مَزِيجٌ مِنْ مَخْتَلِفِ أَنْوَاعِ الرُّسَابَاتِ.

تَتَبَخَّرُ مِيَاءُ بُخِيرَةٍ أَوْ لِسَانٍ بَحْرِيٍّ مَعَزُولٍ، فَيَزِيدُ تَرَكِيزُ الأمْلَاحِ المُذَابِةِ تَدْرِيجِيًّا، وَآخِرًا يَتَرَسَّبُ.

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ الحَيَوِيَّةُ المَنْشَأُ

الشَّعْبُ المَرَجَانِيُّ هُوَ نَفْسُهُ صَخْرٌ رُسُوبِيٌّ حَيَوِيٌّ المَنْشَأُ؛ وَيُمْكِنُ لِكُسَارَاتِهِ المُنْتَشِرَةِ عَلَى قَاعِ البَحْرِ تَكْوِينُ شَيْخَبٍ أُخَرَ.

قَبْلَ مِلْيَينِ السَّنِينَ



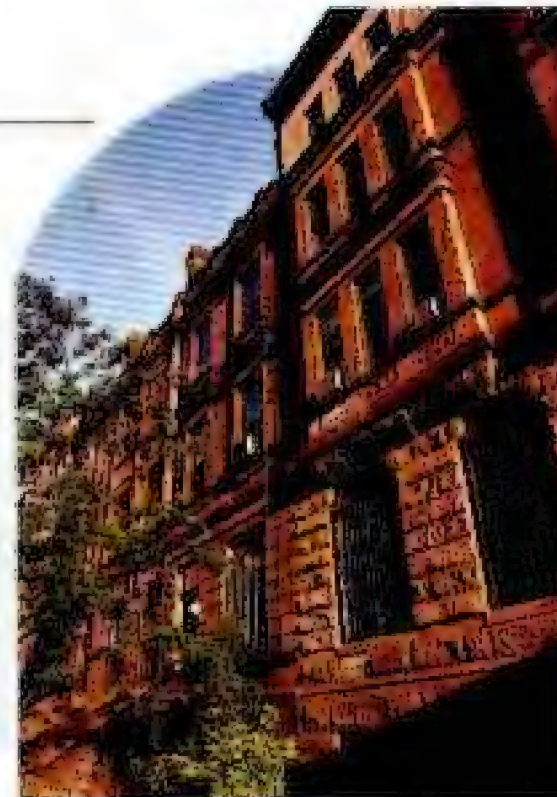
وَحَوْلَ وَطِينٍ مِيَاءِ الأعْمَاقِ تَرَسَّبَ عَلَى قَاعِ البَحْرِ.

رَمْلٌ وَغُرْنٌ مِنْ مَضَبِّ نَهَرٍ.

طَبَقَةٌ صُلْدَةٌ مِنَ الحَجَرِ الجَبْرِي (الكِلْسِيِّ) تُكُونُ حَيْثَا بَارِدًا.

فِي الوَقْتِ الحَاضِرِ

الرُّسَابَاتُ الَّتِي تَمَّ تَحْوِيلُهَا إِلَى صَخْرٍ رُسُوبِيٍّ، قَدْ تَرَفَّعَ بِالتَّحَرُّكَاتِ الأَرْضِيَّةِ إِلَى السَّطْحِ وَتَعَرَّضَ لِلتَّحَاتِ. فَالصُّخُورُ الأَصْلَدُ، كَالْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ أَوْ الكِلْسِيِّ، قَدْ تَقَاوَمَ التَّحَاتُ، فِيمَا الصُّخُورُ الأَقْلُ صِلَادَةً، كَالطَّفَلِ، قَدْ تَنَاجَلَتْ بِسُرْعَةٍ، مُشَكِّلَةً مُنْبَسَطًا أَرْضِيًّا مُتَدَرِّجًا، وَهَذِهِ العَمَلِيَّةُ مُسْتَمِرَّةٌ الحُدُوثِ حَالِيًّا.



حِجَارَةُ البِنَاءِ

إِنَّ مُسْتَوِيَّاتِ التَّقْطِيقِ - أَيْ فَوَاصِلَ طَبَقَاتِ الصَّخْرِ المُمَيَّزَةِ - تَجْعَلُ الصُّخُورَ الرُّسُوبِيَّةَ سَهْلَةً الانْفِلَاقِ وَالتَّشْكِيلِ. أَمَّا الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ الأَصْلَدُ وَالأَسْمَكُ تَقْلُبًا، كَالْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ وَالجَبْرِيِّ، فَتُسْتَعْمَلُ عَادَةً كَمَوَادِّ لِبْنَاءِ.

مَنْزِلٌ مِنَ الحَجَرِ الأَسْفَرِ الرَّمْلِيِّ فِي نِيُويُورِك، بِالوَلَايَاتِ المَتَّحِدَةِ.

لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

البُلُورَاتُ ص ٣٠

نُشُوءُ الجِبَالِ ص ٢١٨

الصُّخُورُ وَالمَعَادِنُ ص ٢٢١

التَّحَوُّلُ وَالتَّحَاتُ ص ٢٣٠

الأنهار ص ٢٣٣

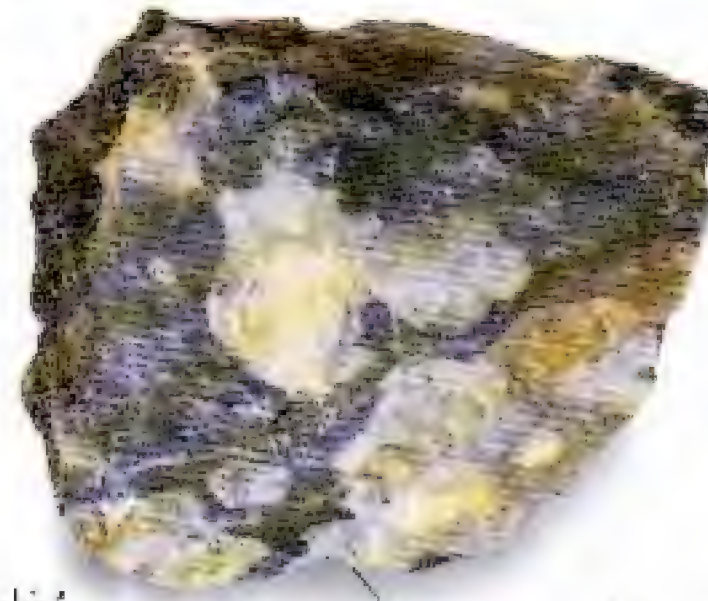


# الصُّخُورُ الْمُتَحَوِّلَةُ

في صناعة الخُبْزِ يُعَجَّنُ الطَّحِينُ والخَمِيرَةُ والماء معاً ثم يُخَبَزُ (يُسَوَّى) العَجِينُ في فُرْنٍ حارٍّ. وبطريقةٍ مُماثلةٍ، تُحوَّلُ الحرارةُ وضغطُ الصُّخُورِ الفُوقِيَّةِ طبيعة الصُّخُورِ تحتها؛ وتُسمَّى هذه عملية التحوُّل. هنالك نوعان رئيسيان من الصُّخُورِ المتحوِّلة، أوسعها انتشاراً الصُّخْرُ الإقليمي الدينامي التحوُّل. ويَطالُ هذا النوعُ كُتلاً ومقاديرَ ضخمةً، ويقعُ في قلبِ سلاسل الجبال وفي أعماق قشرة الأرض. ويُعرفُ النوعُ التالي بالصُّخْرِ الحراري (التماسي) التحوُّل، ويتكوَّنُ بالحرارة من صخرٍ بركانيٍّ مُجاوِرٍ عند تماسِّ الصُّخْرَيْنِ؛ ولا يَطالُ هذا التحوُّلُ إلا كُتلاً ومقاديرَ محدودةً لا تتجاوزُ سماكتها بضعة سنتيمترات.

## الرُّخَام

الرُّخَامُ نوعٌ من الصُّخْرِ الحراري المتحوَّل، ينشأ بتأثير الحرارة على الحجر الجيري. وهو مادةٌ بناءٍ ونُحْتَبَ جُذابةً بفضل نُسْجته الناعمة وبنيته المتغايرة تبعاً لما به من شوائب. فمن الرُّخَامِ ما هو أبيض كالثلج أو مُعَرَّقٌ بالبني أو الأحمر أو الأخضر أو الرمادي.



رُخَام

ينشأ المِلُونيت، وهو صخرٌ متحوَّل، من تحركاتٍ أحد الصدوع.

يتغيَّرُ تركيبُ الصُّخُورِ بالتحوُّل المعدني، وينتج هذا التحوُّل بفعلِ الموائع الحارَّة المُتَقَلِّبة من أنديساس بركاني.



أردواز

التحوُّل الضَّئيلُ يُكسِبُ بعض المعادن تبلوراً جُزئياً فقط.

المعادنُ المتحوِّلةُ مُتَراصِّفةٌ تبعاً لِاتِّجاهِ الضغط.

الصُّخُورُ المتحوِّلةُ العميقة تُظهرُ علاماتاً أنضغاطاً، لا إجهاداً مُوجَّهَ.



## الأردواز

الأردواز صخرٌ رماديٌّ داكنٌ، بَرَّاقٌ، يَتَلَوَّنُ بسهولةً إلى شرائح رقيقة، بسبب مُحتواه من بلورات الميكا المُسطَّحة المُشكَّلة فيه بالتحوُّل. وهو صخرٌ إقليمي متحوَّل خفيض الرُّتبة، يتكوَّن من تحوُّل صخرٍ دُفِن الحبيبات كالقُلْفَل.



شِسْت

## الشَّسْت

الشَّسْتُ صخرٌ إقليمي متحوَّل عالي الرُّتبة مُتَعَدِّدُ الأنواع، ومعادنُ الشَّسْتِ رَقيقةٌ أو مُوازيةُ الترتيبِ كاملة التحوُّل.

تتألَّفُ القشرة القاريَّة السَّحيَّة من صخورٍ إقليمية متحوِّلة عالية الرُّتبة.



نَاسِيس

## النَّاسِيس

النَّاسِيسُ أعلى رُتَبِ الصُّخُورِ الإقليميَّة المتحوِّلة، تنفصلُ معادنه في نُظُجٍ مُتميِّزة. يتصدَّعُ النَّاسِيسُ في كُلِّ الاتجاهات، إلا على امتدادِ النُّظُجِ، كما هي الحال في الشَّسْت والأردواز.

## تكوُّنُ الصُّخُورِ الْمُتَحَوِّلَةِ

الضَّغْطُ والحرارةُ في أعماق الأرض يَهْضِرَانِ الصُّخُورَ الرُّسُوبِيَّةَ والبركانيَّةَ المُتواجدةَ ويُسَوِّيَانِهَا لِتكوُّنِ الصُّخُورِ الْمُتَحَوِّلَةِ. ويغيَّرُ هذان العاَمِلَانِ مُحتَوَى الصُّخْرِ المعدنيِّ بصورةٍ كاملة أحياناً كما هي الحال في النَّاسِيس، الصُّخْرِ المُتحوِّلِ العالي الرُّتبة. وأهميَّةُ هذا التحوُّل هي في تغيُّرِ التركيبِ المعدنيِّ للصُّخْرِ في الحالة الجامدة. فلو أنصهرَ الصُّخْرُ فَقَطْ ثُمَّ تَصَلَّبَ ثانيةً لَقَلَّ صَخراً بركانياً. والصُّخْرُ الإقليمي المتحوَّل لا يَنكشِفُ إلا بَعْدَ ملايين السنين من النَّحَات.

## استِعمالاتُ الأردواز

استِخدامُ الأردواز كَمادَّةٍ سَقْفِيَّةٍ أو كسطحٍ أَمْلَسٍ لِلسُّبُورَاتِ انْخَفَضَ بِمُنافَسَةِ الموادِ الحديثة. ميَّزَةُ الأردواز المُهمَّةُ هي سهولةُ التَّقْلُقِ، وذلك بِفضلِ بلُورَاتِهِ الميكاويَّةِ المُسطَّحة.



سَقْفٌ مُنْزِلٌ من الأردواز ببريطانيا.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيُّرات الحالة ص ٢٠
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- الصُّخُورُ البركانيَّة ص ٢٢٢
- الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّة ص ٢٢٣
- التَّجوُّد والتَّحَات ص ٢٣٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٥



# الأحافير

آثار أقدام

أحفورة الأثر لا تحوي أجزاء من الكائن الأصلي، إنما هي بقايا آثار تدل عليه. وقد تشمل هذه الأحافير دعة ديناصور كالتي تراها في الصورة المقابلة، وهي وجدت في صخر رملي في كونيتكت، بالولايات المتحدة. كذلك يُعتبر الروث القديم المحفوظ ضربة من الأحافير يدعو علماء الجيولوجية نجواً مُنحجراً (كويروليت).



الزهره المكبوسة بين طيات كتاب ثقيل، أو في مكبس أزهار يمكن حفظها لعدة سنوات. كذلك تعمل الصخور على حفظ النباتات والحيوانات كأحافير. والأحفورة هي بقايا كائن عاش في زمن غابر، حُفظت في الصخر؛ وقد تكون جسماً كاملاً، أو عظمة واحدة، أو مجرد آثار أقدام. تروي لنا الأحافير قصة الحياة في العصور الغابرة، كما تساعدنا في تأريخ الصخور والبيئات القديمة. ففيها تتبين مسارات الماموثات (الفيلة المنقرضة) في قفار التندرا في العصر الجليدي منذ بضعة ملايين سنة، والدينصورات التي سادت

العالم قبل ذلك بعشرات ملايين السنين. كما تُنبئنا أن جميع أشكال الحياة قبل ذلك بأزمان كانت في البحر. إن كثرة من تلك الكائنات حُفظت بقياتها في الأرض كأحافير.

قد تتحل أوراق النبات في الطفل تاركة فيلماً رقيقاً من الكربون بشكل الورقة الأصلي. وإذا ما حدث هذا لغابات بكاملها، فالنتيجة هو فحم حجري.

إنجلال البقايا الأصلية بكاملها، قد يترك تجويفاً في الصخر يُدعى قالباً، فإذا



أمتلا القالب بالمعادن لاحقاً، فإنه يُنتج أحفورة تدعى ضبة أو مضبوطة.

لمزيد من المعلومات انظر
الكربون ص ٤٠
الصخور والمعادن ص ٢٢١
الصخور الرسوبية ص ٢٢٣
الصخور متجالات جيولوجية ص ٢٢٦
التجوية والتحات ص ٢٣٠
حقائق ومعلومات ص ٤١٥

الخشرة المحتبسة في صمغ الشجر تُحفظ بكاملها عندما يتحول الصمغ إلى كهرمان.

## أنواع الأحافير

هنالك أنواع عديدة من الأحافير المحفوظة، ونادراً ما يوجد الحيوان أو النبات بكامله. وغالباً ما يكون الهيكل الصلب منه هو المتبقي - وفي هذه الحال كثيراً ما تكون المعادن قد حلت فيه محل المادة الأصلية. أما إذا كانت المادة العضوية قد تعفنت وأندثرت بكاملها، فيبقى فقط تحريف أحفوري يُشكل الأصل المُنتثر.

أشنان سلك القروش صلبة ومتينة، لذا تبقى دونما تحوّل، خلافاً لباقي الهيكل (العضوي).



## ماري أنغ

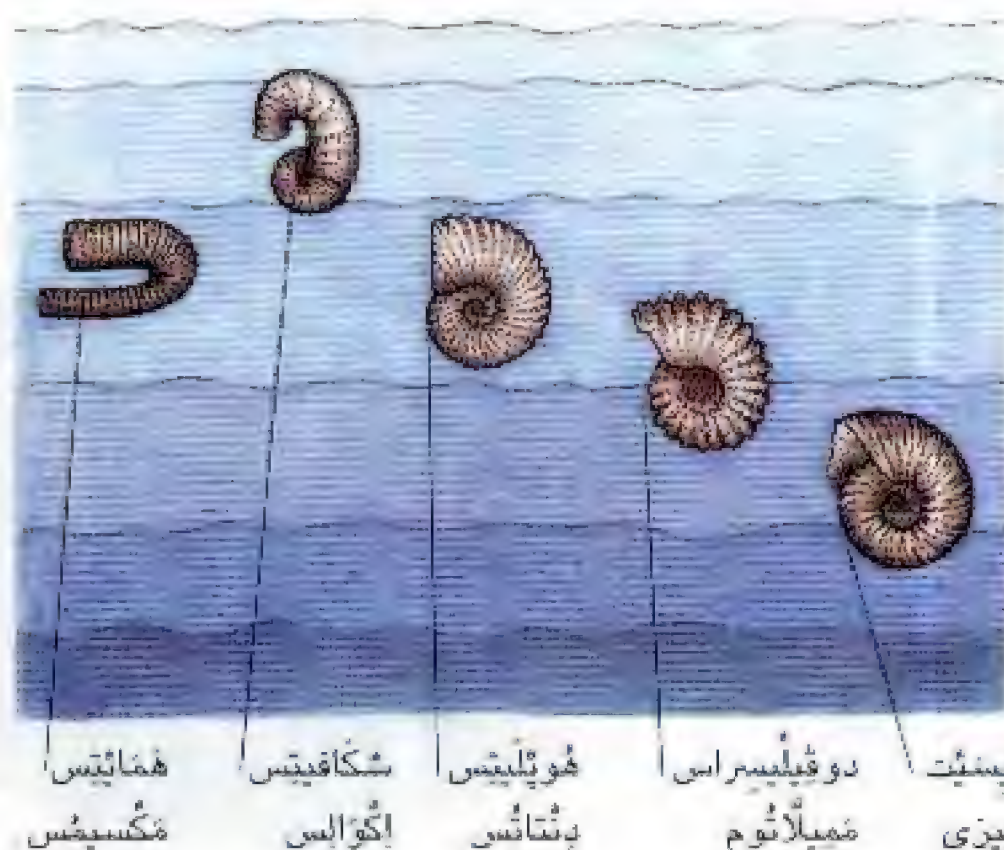
ماري أنغ (١٧٩٩-١٨٤٧)، من دورست بجنوبي انكلترا، كانت شديدة الاهتمام بالأحافير؛ وأصبحت إحدى أشهر جامعي الأحافير المُحترفين الأوائل. وهي مع شقيقها جوزيف، كصبيين، عثرا على أول هيكل عظمي كامل لزاخف سباح يُدعى الزاخف السمكي (الإيكثيو سورس).



الحيوانات الأحفورية (المتحجرة) التي تطورت بسرعة، وانتشرت في مناطق واسعة من العالم، هي الأكثر ثغراً في تأريخ الصخور. والامونيت، وهو أحفورة حيوان أخطبوطي الشكل في صدفة حلزونية، مثل جيد على تلك الكائنات.

يساعد الامونيت في تأريخ الصخور.

قلما تتواجد الأحافير مُستقلة بنفسها. فغالباً ما يُحفظ العديد منها في جماعات. وهذه الجماعات الأحفورية تُعطينا فكرة عن البيئات القديمة وعن طرق عيشها ووسائل معيشتها في تلك الظروف.



مجموعة امونيت في حجر طباشيري أحمر

## التأريخ الأحفوري

الأحافير تساعد في تأريخ الصخور. فإذا حوى الصخر أحفورة حيوان، نعرف أنه عاش خلال عصر معين، عندئذ يمكننا تأريخ الصخر منذ ذلك العصر. وإذا وجدت في ذلك الصخر أحافير عديدة معروفة التواريخ، يصبح التأريخ أكثر دقة؛ ذلك لأن الصخر يكون قد تكوّن وتركب أثناء تعاقب تلك العصور.



# الصُّخُورُ سِجَلَاتٌ جِئُولُوجِيَّة

الصُّخُورُ التي نُشَاهِدُهَا حَوْلَنَا اليَوْمَ زَاخِرَةٌ بِأَحْفِيرٍ دَلَالِيَّةٍ مِنَ الْمَاضِي تُسَجِّلُ الْكَثِيرَ مِنْ تَارِيخِ الْأَرْضِ، كَأَنَّهَا صَفْحَاتٌ فِي كِتَابٍ. وَلَمَّا كَانَتْ طَبَقَاتُ الصُّخْرِ الرَّسُوبِيِّ قَدْ تَرَسَّبَتْ، عَلَى الزَّمَنِ، بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍ، فَإِنَّ الطَّبَقَاتِ السُّفْلَى هِيَ بِالطَّعْنِ الْأَقْدَمُ عَهْدًا. وَالْجِئُولُوجِيُّ الْخَبِيرُ، بِتَحْرِيهِ هَذِهِ الطَّبَقَاتِ بِالذَّرْسِ الدَّقِيقِ، تَبَيَّنَ لَهُ الظُّرُوفُ الْحَيَاتِيَّةُ وَالْبَيْئَةُ الَّتِي تَرَسَّبَتْ فِيهَا كُلُّ طَبَقَةٍ. فَتَرَكِبُ الصُّخْرَ وَبَيْئَتَهُ وَمُحْتَوَاهُ الْأَحْفُورِيُّ تَرْسُمُ، بِمَجْمُوعِهَا، صُورَةً لِبَيْئَةٍ مُعَيَّنَةٍ فِي الْمَاضِي السَّحِيقِ. إِنَّ دِرَاسَةَ الصُّخُورِ هَذِهِ تُدْعَى عِلْمَ وَصْفِ طَبَقَاتِ الْأَرْضِ، أَوْ الْجِئُولُوجِيَّةِ التَّارِيخِيَّةِ.



لا تُوَافِقُ طَبَقَتِي، فِي صُخُورِ الْأَخْدُودِ الْعَظِيمِ (الْغَرَانْدِ كَانْيُون) فِي أَرِيْزُونَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

## لَا تُوَافِقُ (طَبَقِي)

إِنَّ أَيْ أَنْقِطَاعٍ فِي تَوَالِي الطَّبَقِ الصُّخْرِيِّ يُدْعَى لَا تُوَافِقًا. وَهُوَ يَحْدُثُ عِنْدَمَا تُرْفَعُ طَبَقَةٌ صَخْرِيَّةٌ لِتَكُونُ سِلْسَلَةً جَبَلِيَّةً، ثُمَّ تُصْبِحُ بِالْحَتِّ وَالتَّجْوِيَةِ سَطْحًا مُسْتَوِيًا يَغْمُرُهُ الْبَحْرُ، وَتَرَسَّبُ فَوْقَهُ طَبَقَاتٌ صَخْرِيَّةٌ. وَهَذَا يُحْدِثُ ثَغْرَةً فِي سِجَلِ تَارِيخِ الْأَرْضِ.

## تَعَاقُبُ الصُّخُورِ

يُسَبِّطُ تَارِيخُ مَنَاطِقٍ مَا مِنْ تَوَالِي صُخُورِهَا وَتَعَاقُبِهَا. فَإِذَا لَمْ يَتَغَيَّرْ عُمُودُ الصُّخُورِ أَيْ أَصْطِرَابُ، تَكُونُ طَبَقَاتُ الصُّخْرِ السُّفْلَى، حَتْمًا، هِيَ الْأَقْدَمُ وَالطَّبَقَاتُ الْأَعْلَى هِيَ الْأَحْدَثُ عَهْدًا - وَهَذَا هُوَ مَبْدَأُ التَّضَايُفِ التَّارِيخِيِّ. وَهَكَذَا، فَإِنَّ طَبَقَاتِ الصُّخْرِ تُمَثِّلُ عُصُورًا تَعَاقَبَتْ وَاحِدُهَا بَعْدَ الْآخَرِ. وَهَذَا التَّمَوُّذُجُ يَحْكِي قِصَّةَ بَحْرِ ضَحْلٍ عَمُرَتُهُ دَلَّتْنَا نَهْرٍ بِالرَّمْلِ ثُمَّ غَدَا فِي النِّهَايَةِ صَحْرَاءَ.

## اكتشافات

١٦٥٠ المَطْرَانُ أَشْرَفَ مِنْ أَيْرْلَنْدَا يُحَدِّدُ الْعَامَ ٤٠٠٤ ق.م. تَارِيخًا لِخَلْقِ الْأَرْضِ.  
١٦٦٩ عَالِمُ الْمَعَادِنِ الْهُولَنْدِيُّ نِقُولَاوسُ سَيْنِيو، يَلْحَظُ أَنَّ الصُّخُورَ الرَّسُوبِيَّةَ تَكُونَتْ فِي الْبَحْرِ وَأَنَّ سَطْحَ الْبَحْرِ، بِالتَّالِي، يَتَغَيَّرُ دَوْمًا.  
١٧٨٨ الْعَالِمُ الْجِئُولُوجِيُّ الْإِسْكُوتَلَنْدِيُّ، جِيمْسُونْ هَتُونْ، يَقَرَّرُ أَنَّ الصُّخُورَ الرَّسُوبِيَّةَ تَكُونَتْ بِالنَّحَاتِ وَالتَّرَسُّبِ.  
١٨٣٠-١٨٣٣ الْعَالِمُ الْجِئُولُوجِيُّ الْبَرِيْطَانِيُّ، السِّرْ شَارْلْ لَابِلْ، يَنْشُرُ كِتَابَهُ «مَبَادِي الْجِئُولُوجِيَّة»، يَقُولُ فِيهِ إِنَّ الْعَوَامِلَ الْمُؤَثِّرَةَ فِي سَطْحِ الْأَرْضِ حَالِيًا لَمْ تَقْطَعْ طَوَالَ جَمِيعِ مَرَاوِلِ تَارِيخِ الْأَرْضِ.

## الْعَلَامَاتُ النَّيَّارِيَّةُ

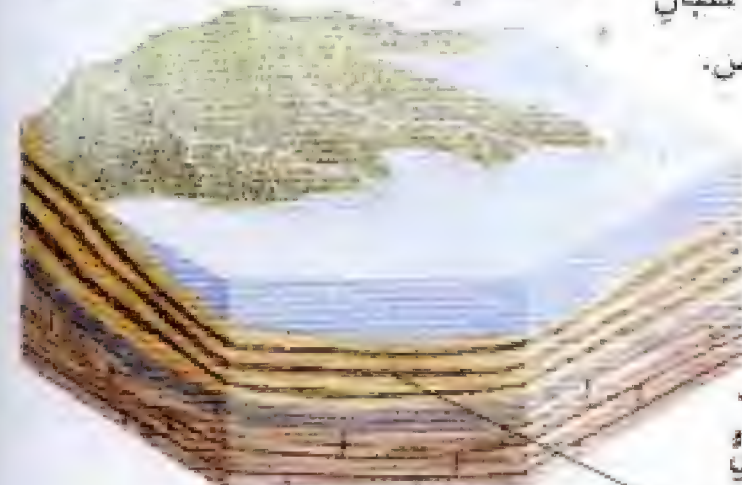
التَّطَبُّقُ الْمُتَمَعِّجُ (الْمَعْرُوفُ بِالْعَلَامَاتِ النَّيَّارِيَّةِ) فِي طَبَقَةٍ مِنَ الْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ، يُبَيِّنُ أَنَّ الرَّمْلَ قَدْ تَرَسَّبَ فِي نَهْرٍ، وَأَنَّ نَيَّارَ النِّهَرِ الْمُتَغَيَّرِ كَوْنُ «الْأَلْسِنَةِ» الرَّمْلِيَّةِ الْبَاقِيَةِ.  
عَلَامَاتُ نَيَّارِيَّةٌ وَاسِعَةٌ النُّطَاقِ فِي صُخُورِ وِيلْدَنِ الرَّثْلِيَّةِ فِي سَاسِكْسْ، بِإِنْكَلْتَرَا.



خَبِيْبَاتُ الرَّمْلِ الْمَكْوَرَةُ تُبَيِّنُ أَنَّهَا انْصَقَلَتْ بِالرَّيْحِ. وَهِيَ قَدْ تَلَوَّنَتْ بِالْخُمْرَةِ لِمُحْتَوَاهَا مِنْ أَكْسِيدِ الْحَدِيدِ، الْمَتَكَوِّنُ بِفَعْلِ هَوَاءِ الصَّحْرَاءِ الْجَافِّ.

## البَيْئَةُ الصَّحْرَاوِيَّةُ

فِي الصَّحْرَاءِ، تَسْفِي الرِّيحُ الرَّمْلَ مِنْ مَكَانٍ إِلَى آخَرَ لِيَسْتَقِرَّ مُوقِفًا فِي كُنْبَانٍ رَمْلِيَّةٍ. وَتَتَسَجَّجُ قُرُونُ خَبِيْبَاتِ الرَّمْلِ بِالْإِحْتِكَالِ فَيُحْدِثُ مُحْتَوَاهَا مِنَ الْحَدِيدِ بِأَكْسِجِينِ الْهَوَاءِ فَتُسَوِّرُهَا خُمْرَةً مُمَيَّزَةً.



## بَيْئَةُ دِلَاوِيَّةُ

فِي الدِّلَاوِيَّةِ، تَجَلِبُّ رَوَافِدُ النِّهَرِ الرَّمْلَ إِلَى الْبَحْرِ، فَيُغَطِّي قُرَارَاتِ الْبَحْرِ الْمَوْجِلَّةِ وَيُكُونُ جُزْرًا تَنْمُو فَوْقَهَا النَّبَاتَاتُ. لَكِنْ هَذِهِ الْجُزُرُ هِيَ جُزُرٌ مُؤَقَّتَةٌ لِأَنَّ غَالِبًا مَا يَغْمُرُهَا الْبَحْرُ لَا جَفَاً.



الصُّخْرُ الْأَحْدَثُ عَهْدًا هُوَ طَبَقَةٌ سَمِيكَةٌ مِنَ الْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ الْأَحْمَرِ، وَهَذَا دَلِيلٌ عَلَى بَيْئَةٍ صَحْرَاوِيَّةٍ. الْحَجَرُ الرَّمْلِيُّ مُتَّصِلٌ بِطَبَقَتِي وَهَذَا يَحْدُثُ مِنْ تَحْرُكِ كُنْبَانِ الرَّمْلِ بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍ.

الطُّفُلُ يَتَكَوَّنُ مِنَ الْوُحُولِ، وَالْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ مِنْ رَمْلِ الضُّفَافِ النَّهْرِيَّةِ، وَالْفَحْمُ الْحَجَرِيُّ مِنَ النَّبَاتَاتِ النَّامِيَةِ فِي تِلْكَ الضُّفَافِ.

تَتَوَاجَدُ فَوْقَ الْحَجَرِ الْكَلْسِيِّ طَبَقَاتٌ رَقِيْقَةٌ مِنَ الطُّفُلِ الطَّرِيِّ وَالْحَجَرِ الْكَلْسِيِّ الرَّمَادِيِّ الْمُلْدِّ، مَعَ بَعْضِ طَبَقَاتِ مِنَ الْفَحْمِ الْحَجَرِيِّ.

عِظَامُ دِينُوصُورٍ وَجُدَتْ فِي يُوتَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ الْأَمْرِيْكِيَّةِ.



عِنْدَمَا تَمُوتُ الْحَيَوَانَاتُ الصَّدْفِيَّةُ الْبَحْرِيَّةُ تَتَجَمَّعُ أَصْدَافُهَا عَلَى قَاعِ الْبَحْرِ (إِذَا لَمْ يَكُنْ هُنَاكَ تِيَّارَاتٌ قَوِيَّةٌ تَجَرُّفُهَا بَعِيدًا). كَرْبُونَاتُ الْكَالْسِيُومِ الْمَذَابَةُ فِي الْمَاءِ، فَتَرَسَّبُ كَقُرَارَةٍ مِنَ الْبُلُورَاتِ الْبَيْضِ الدَّقِيقَةِ عَلَى قَاعِ الْبَحْرِ.

**بَيْئَةُ قَاعِ الْبَحْرِ**  
إِذَا كَانَ الْبَحْرُ دَافِقًا وَضَحْلًا، وَتِيَّارَاتُهُ وَثِيلَةً، تَرَسَّبُ كِيْمَاوِيَّاتُ مِيَاهِ الْبَحْرِ عَلَى قَاعِهِ، وَتَمْتَرِجُ بَقَايَا الْحَيَوَانَاتِ الَّتِي عَاشَتْ هُنَاكَ.



## الْأَحْفِيرُ فِي الصُّخُورِ

بَعْضُ الْحَيَوَانَاتِ لَا يَسْتَطِيعُ الْعَيْشُ إِلَّا فِي أَحْوَالٍ بَيْئَةٍ مُعَيَّنَةٍ. إِنَّ وُجُودَ مِثْلِ هَذِهِ الْأَحْفِيرِ فِي طَبَقَةٍ صَخْرِيَّةٍ يُبَيِّنُ عُلَمَاءَ الْجِئُولُوجِيَّةِ عَنِ الظُّرُوفِ الَّتِي تَكُونُ فِيهَا ذَلِكَ الصُّخْرُ.



## جيمس هثن

كان الاسكتلندي، جيمس هثن (١٧٢٦-١٧٩٧) مؤرخاً جيولوجياً قذا. فقد نشر في العام ١٧٩٥، كتاباً بعنوان «نظرية في علم الأرض» بين فيه أن معالم الأرض تطورت وتطور على مدى العديد من السنين بفعل تغيرات لا تزال فاعلة في الوقت الحاضر. كما أرتأى أن ليس هناك علامات تدل على بداية الأرض، ولا دلائل مستقبلية على نهايتها.

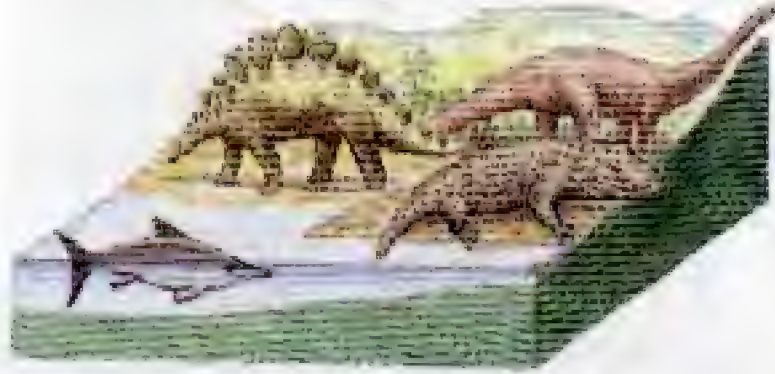
## العصر الطباشيري

استمرَّ العصر الطباشيري من ١٤٦ مليون إلى ٦٥ مليون سنة قبل العصر الحاضر، نشطت في الأرض خلاله الزواحف الضخمة؛ وفيه انفصلت معظم القارات الحديثة عن كتلة اليابسة الأم (الپانجيا) وعمرت الكثير منها بحار طباشيرية ضخمة.



## العصران الثلاثي والجوراسي

امتدَّ العصران الثلاثي والجوراسي من ٢٥٠ مليون إلى ١٤٦ مليون سنة قبل العصر الحاضر. وكانت الزواحف قد أخذت بالتطور على الأرض، كما بدأت أم القارات بالتفكك وتراجعت الصحاري لتحل محلها الغابات والمستنقعات.



## العصران الكربوني والبرمي

امتدَّ هذان العصران من ٣٦٣ مليون إلى ٢٥٠ مليون سنة قبل العصر الحاضر. وفيهما تمَّ تجمع القارات لتألف كتلة اليابسة الكبرى (الپانجيا أو أم القارات)؛ ونمت الغابات (التي كوّنت الفحم الحالي) في الدلتاوات حول ما تكون من جبال وصحاري.



## العصر الديفوني

دامَّ العصر الديفوني من ٤٠٩ ملايين إلى ٣٦٣ مليون سنة قبل العصر الحاضر. وفيه بدأت القارات بالتحرك بعضها نحو بعض، وظهرت حيوانات اليابسة الأولى كالحشرات والبرمائيات؛ كما زخرت البحار بالأسماك.



## العصران الأردوفيسي والسيلوري

امتدَّ هذان العصران من ٥١٠ ملايين إلى ٤٠٩ ملايين سنة قبل العصر الحاضر. وفي ذلك الزمن، ازدهرت الحياة البحرية وظهرت الأسماك الأولى؛ كما أخذت نباتات اليابسة الأولى تنمو حول الشواطئ ومصبات الأنهار.



## العصر الكمبري

امتدَّ العصر الكمبري من ٥٧٠ مليون إلى ٥١٠ ملايين سنة قبل الوقت الحاضر. وفيه لم تكن الحياة قد بدأت على اليابسة، لكن مختلف أنواع الحيوانات البحرية كانت متواجدة؛ والحيوانات الصلدة المحار منها هي التي كوّنت الكثير من أحافير عصرنا الحاضر.



## العصر قبل الكمبري

هذا العصر هو أطول الأزمان الجيولوجية أمثداً، إذ يستغرق سبعة أثمان تاريخ الأرض حتى ٥٧٠ مليون سنة قبل الوقت الحاضر. وهو يُقسم إلى عصرين: الأركي الباكر الذي لم تتواجد فيه حياة، وعصر طلائع الأحياء حيث بدأت بعض أشكال الحياة بالظهور.

## العصر الرابع

الزمن، منذ ١,٦٤ مليون سنة حتى الوقت الحاضر، يدعى العصر الرابع - وخلالَه حدث العصر الجليدي وتطور الإنسان (أنظر الرسم المقابل).



## العصر الثالث

الزمن الممتد من ٦٥ مليون حتى ١,٦٤ مليون سنة خلت، يدعى العصر الثالث. وخلالَه ظهرت اللبونات (الثدييات) والطيور لتحل محل الدينصورات والزواحف الضخمة الأخرى التي انقرضت أو كادت. كما تراجعت الغابات لتحل محلها الشهب العشيّة وأصبح المناخ أبرد.

## الأزمنة الجيولوجية

يمكن توقيت الأحداث في تاريخ الأرض بإحدى طريقتين. الطريقة الأولى والفضلى هي التأريخ المقارن، حيث يؤقَّت الحدث قبل أو بعد حدث آخر. أما الطريقة الأخرى فهي التأريخ المطلق حيث تُعطي الأحداث تواريخ فعلية مُحَدَّدة. لكن التأريخ المطلق عسير جداً؛ إذ إن جدول الأزمنة المُحدَّدة هكذا قد يتغير مع كلَّ بَيِّنَةٍ جديدة تُكتشف.

## عمود جيولوجي

كما نُورِّخ تاريخ البشر بتسمية العصور بأسماء أحداث مشهورة فيها، كالعصر قبل كولمبوس، كذلك تُقسم الزمن الجيولوجي إلى عصور تبعاً لنوع الحياة السائدة في تلك العصور. وتُجمع هذه العصور معاً في حُقُب جيولوجية.

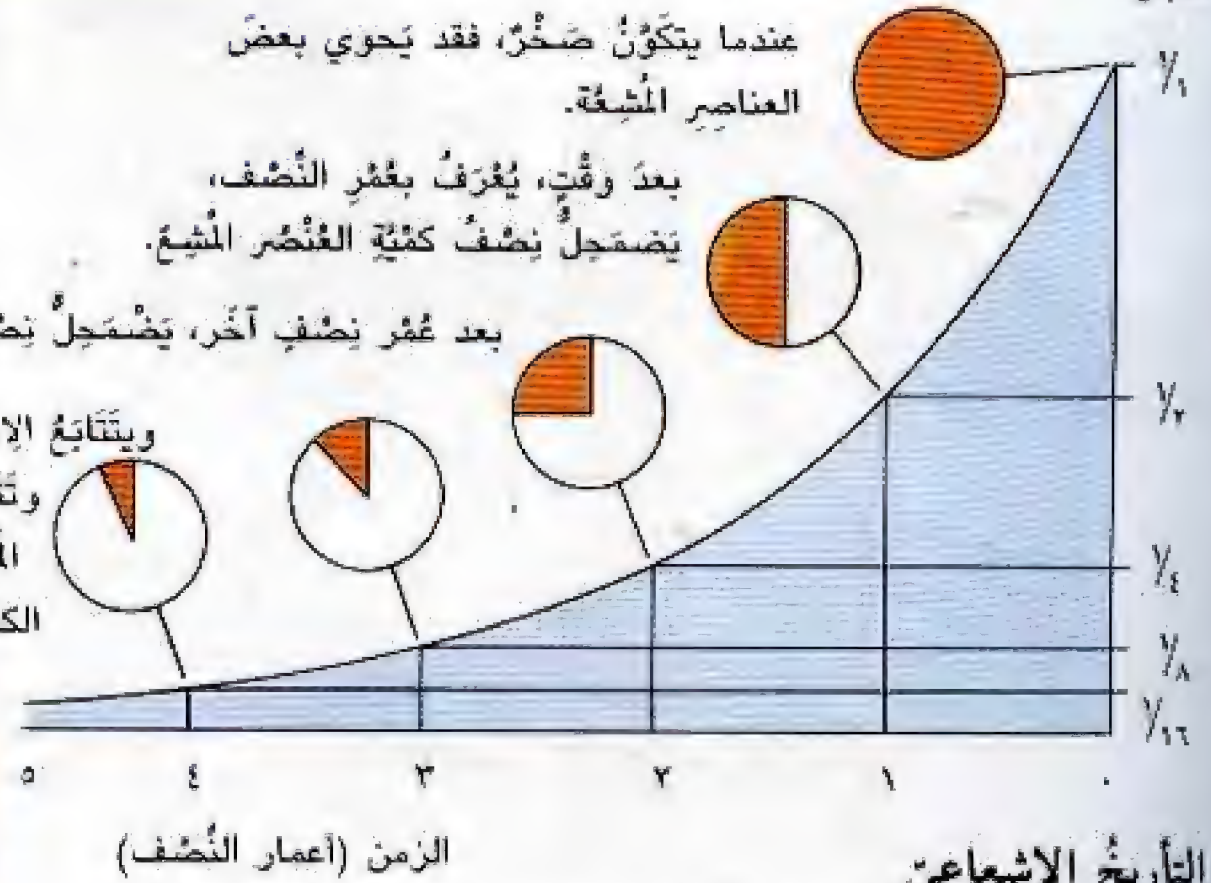


عندما يتكوَّن صخر، فقد يحوي بعض العناصر المشعة.

بعد وقت، يُغرَف بغمر النُصف، يُضَمَّل نُصفُ العنصر المشع.

بعد عُمر يُضَمَّل آخر، يُضَمَّل نُصفُ الباقي.

ويتتابع الإضمحلال على هذا المِثَال وتتناقص نسبياً كمية العنصر المشع المتبقية في الصخر. وبقياس تلك الكمية يُمكن احتساب عُمر الصخر.



## التأريخ الإشعاعي

في معظم الصخور توجد كمية ضئيلة من العناصر المشعة؛ ومع مرور الزمن، تتفكك هذه إلى عناصر أكثر استقراراً. ولما كان العلماء يعرفون معدل تفككها بالضبط، فإنه يُمكن احتساب عُمر الصخر من نسبة العناصر المشعة المتبقية التي يحتويها. فكلما نضأت كمية تلك العناصر، يكون الصخر أفتح؛ وهذا نوع من أنواع التأريخ المطلق.



## لمزيد من المعلومات انظر

- النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الأحافير ص ٢٢٥
- التجوية والتحات ص ٢٣٠



# الجليد والمثلج

إذا كَبَسَتْ قَبْضَةٌ من الثلج فإنها تتماسك وتصلب - ذلك لأن ضغط اليد يُحوّل جُسيمات الثلج إلى بلّورات جليدية. ويحدث الشيء نفسه عندما تتراكم كتل الثلج الضخمة بعضها فوق بعض، مُحَوِّلة الطبقات التَّحتِيّة، بضغطها، إلى جليد. وقد يحدث هذا في وادٍ جبليّ أو سَفْح تَظَلُّله سِلْسِلَةٌ جبليّة، حيث يتراكم الثلج، دون أنصهار، سنةً بعد سنة. فيكون الثلج المضغوط في التجاويف كتلاً جليدية، تتحرّك ببطءٍ نحو السُفوح الأخفض تُعرفُ بالمَثلِج. وفي القارّات الباردة، يتراكم الجليد مُكوّنًا قَلَانِسَ جليدية ضخمة.



بُحيرة على ارتفاع ١٨٠٠ م في وادي فلكا ستودينا، دولينا، بتشيكوسلوفاكيا.

## بعد المثلجة

تَبْدُلُ مَثلِجاتُ الأودية ضغطًا كبيرًا على قاعدة الوادي وجوانبه فتسحلها. وعندما يتصهر الجليد لاحقًا يبدو الوادي نوني الشكل - عمودي الجانبين مُسطح القاع.

## مثلجة وديانية

يبدأ جليد المثلجة بالتحرك مَليساَ نظيفًا مُعطى بالثلج، لكنّه سرعانَ ما يتصدّع ويتلَطَّح بِحُثَاتِ الصخور المُتَأَكِّلِ من جوانب الوادي. أمّا طرف المثلجة السفلي (أو الحَقْلَم) فيبدو أكثرَ اتِّسَاحًا لأن بعض الصخور الدفينة تظهر الآن على السطح. كما إنَّ الفُجَاجَ والأنفاق التي تحفرها مياه الانصهار في الجليد، تزيد في اتِّسَاحه.

الوادي المُعَلَّقُ وادٍ جانبيّ صغير مُرتَفِعٌ بعد أن تَغْمَقَ الوادي النوني الأكبر.

رُكَامٌ جليديّ طُرْفِيّ مُتَبَقُّ بعد تراجع المثلجة.

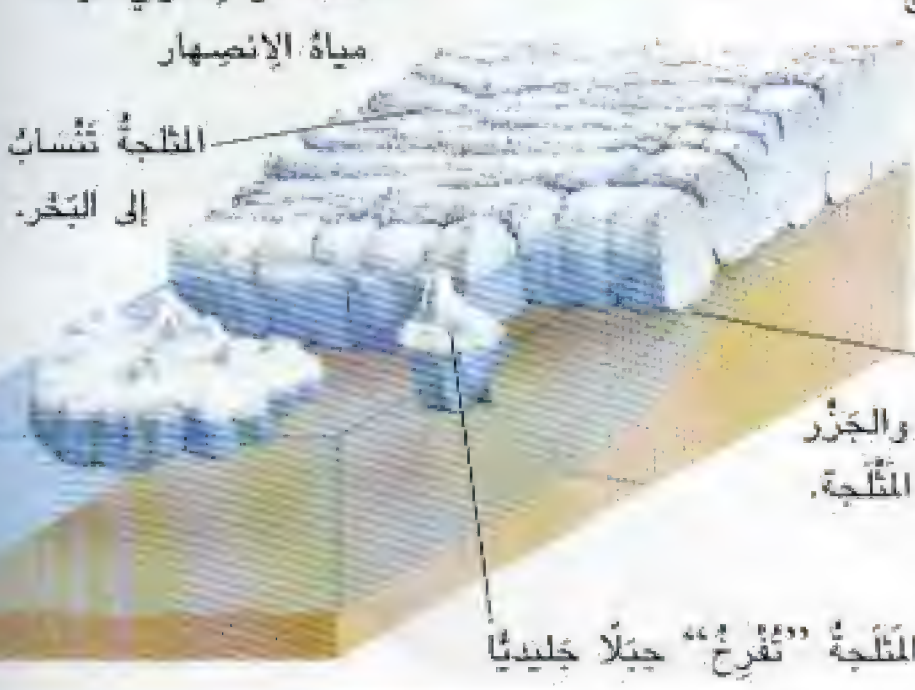


## الأنقاض الجليدية

المواد الصخرية التي تلتقيها المثلجات وتحملها معها ثم تُخَلِّفُها بالانصهار تُدعى رُكَامًا جليديًا. وقد يحوي الرُكَامُ كُومًا من الطين أو جلاميد ضخمة كانت قد حُمِلَتْ لِعِدَّةِ أميال. إنَّ مُعْظَمَ طَبَقَةِ الأرض في نِصْفِ الكُرَةِ الشماليّ قد تَشَكَّلَتْ من الرُكُمِ الجليديّة التي خَلَفَتْها المَثلِجُ بعد العصر الجليديّ.

## جبال الجليد في نصف الكرة الشمالي

عندما تصل المثلجة إلى البحر، خاصّةً على امتداد سواحل جرينلاند، يَماوِجُها المَدُّ والجزر والأمواج صُعودًا وهبوطًا؛ فتصدّع (وتتولّد) منها قِطْعٌ ضخمة تَظْفَرُ بعيدًا كجبالٍ جليديّة.





## العصور الجليدية

في أزمنة معينة من تاريخ الأرض، تشتد برودة المناخ ويغطي الأرض غطاء جليدي شاسع. وتعرف هذه الأزمنة بالعصور الجليدية. وقد بدأ أحدثها منذ ١,٦ مليون سنة وأنهى منذ ٢٠,٠٠٠ سنة. وكانت قد حدثت عصور جليدية أخرى سالفًا - منها أربعة في عصور ما قبل الكمبري وواحد في العصر الأردوفيسي وآخر في أواخر العصر الطباشيري وأوائل العصر البرمي.

## لويس أچاسيز

كان السويسري، لويس أچاسيز، أول من أدرك حدوث عصور جليدية سالفًا. فقد لاحظ أن بعض معالم طبيعة الأرض في سويسرا قد كونتها الطبيعة الأرض شاهد معالم مماثلة في اسكتلندا حيث لا تتواجد مثال حاليًا. فاستنتج أن اسكتلندا كانت مغطاة بالجليد في زمن ما سالفًا.

لويس أچاسيز (١٨٠٧-١٨٧٣)

## غطاء جليدي

في أقصى الشمال وأقصى الجنوب، تراكم المثالج فوق مناطق قارية مشكّلة أغطية، أو قلائس جليدية، تحرك نحو الخارج لا نحو الشقوق كمثال الأودية. والغطاءان الجليديان الرئيسيان هما القلنسوة الجليدية في القطب الجنوبي والقلنسوة الجليدية في جرينلاند. وهما يؤلفان ٩٠ في المئة من مياه الأرض العذبة، علماً أن الثلوج في وسط القارة ستأخذ طريقها في نهاية المطاف إلى الحافة كجليد.

جبل بارد من الغطاء الجليدي كدورة صخرية منعزلة

جبال جليدية مسطحة

صخر عار من الجليد بفعل الرياح الشائدة

زكام جليدي تحمله جبال الجليد مسافات شاسعة وتسقطه على قاع البحر

ورن الجليد الذي يورجحه المد والجزر يقتصر جزيءًا منه من طاقة المد العالمة.

## القلنسوة الجليدية

قد يعلو سطح القلنسوة المكسح بالرياح أكثر من كيلومتر فوق صخر الأديم. ففي القارة القطبية الجنوبية يسقط حوالي ١٥ سم من الثلج فقط في السنة، لكنها كلها في نهاية المطاف تضغط جليداً.

جبال جليدية غريضة مسطحة القمم

## جبال الجليد في نصف الكرة الجنوبي

جبال الجليد في المحيط الجنوبي المنصعدة من الأرض الجليدية للقارة القطبية عريضة ومسطحة. وقد يبلغ طولها عدة مئات من الكيلومترات وتبقى عدة سنوات قبل أن تنصهر. وغالبًا ما يجري تتبعها بالسواحل للمساعدة في تشكيل صورة عن محيطات العالم.

غطاء جليدي فسيح مستقر يزحف ببطء نحو البحر

العصر الجليدي الكربوني البرمي؛ خلاله غطت المثالج معظم نصف الكرة الجنوبي

البشلفاني الميسيسيبي الديفوني

البرمي

الثلاثي

مشتقرة

الطباشيري

الباليوسين، غابات مدارية

الايوسين (ثاني عصور حقبة الحياة الحديثة)

الأوليغوسين

الميوسين، سهوب عشبية جافة

البليوسين، مناخات تميل إلى البرودة

العصر الجليدي البليستوسيني، (الحديث الأقرب)

الأزمنة الحديثة

العصر الرابع

ما قبل الكمبري (الدهر العتيق)

العصر الجليدي الأردوفيسي؛ حل في ما يعرف اليوم بالصحراء الكبرى

الكمبري، طور معتدل

الفيروني، الطور النهائي للعصر الجليدي الأخير قبل الكمبري

الشورتني، الطور الأوسط من العصر الجليدي الأخير قبل الكمبري

الهيدروني، أقدم عصور الجليد ما قبل الكمبري - عُرف من شواهد في كندا وجنوبي إفريقية والهند.

النشوي، الطور الباكر من العصر الجليدي قبل الكمبري

## قلنسوة جليدية

جداول صياح الانصهار

تتكون مثالج الأودية عند تحرك القلائس الجليدية بين الأودية الصخرية المنعزلة

العصر الجليدي البليستوسيني كان عديم الانظام جدًا. فقد تقدمت خلاله المثالج ثم تراجعَت بعد بضعة آلاف من السنين، مُفسحة المجال لحقبة بين جليدية ذات مناخ أدفأ نسيًا من مناخ وقتنا الحاضر. وقد تكررت هذه الدورة (تقدمًا وانحسارًا) ٢٠ مرة خلال الـ ١,٦ مليون سنة من العصر الجليدي. ولعلها لما تنته، فقد نكون حاليًا في فترة بين جليدية أخرى.

اتجاه الرياح الشائدة

بحيرة مائية تكوّن بالضغط

ارتفاع الأرض بدون الثلج

ارتفاع الأرض بالثلج



## لمزيد من المعلومات انظر

- الضغط ص ١٢٧
- الطقس والغوص ص ١٢٩
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- الأنهار ص ٢٣٣
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٤



# التَّجْوِيَّةُ وَالتَّحَاتٌ

يَتَغَيَّرُ سَطْحُ الْأَرْضِ بِاسْتِمْرَارٍ. فَتَحْرُكَاتُ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ الْأَرْضِيَّةِ تَرْفَعُ الْجِبَالَ وَتَبْنِي الْقَارَاتِ. وَفِي الْوَقْتِ نَفْسِهِ تَتَأَكَّلُ هَذِهِ السُّطُوحُ الْجَدِيدَةُ ثَانِيَةً فَتَبْلَى وَتَتَفَتَّتْ فِي عَمَلِيَّةِ التَّعْرِيبِ وَالتَّحَاتِ الَّتِي تَسَبَّبُ بِهَا عَوَامِلُ طَبِيعِيَّةٌ عَدِيدَةٌ. أَهْمُهَا عَامِلُ الطَّلَسِ. هُنَالِكَ نَوْعَانِ مِنَ التَّجْوِيَّةِ - طَبِيعِيٌّ وَكِيمَاوِيٌّ. فَالتَّجْوِيَّةُ الطَّبِيعِيَّةُ تَتَمَثَّلُ فِي كَسْحِ الرِّيحِ، وَجَرَفِ الْأَمْطَارِ، وَشَدِّ الْجاذِبِيَّةِ. أَمَّا التَّجْوِيَّةُ الْكِيمَاوِيَّةُ فَتَتَمَثَّلُ بِفَعْلِ أَحْمَاضِ مِيَاهِ الْمَطَرِ فِي إِذَابَةِ الصُّخُورِ.

أثر التجوية والتحات في الصخور



## الجبال الميحادية

التَّلَالُ الْمُدَوَّرَةُ الْمُتَفَرِّدَةُ فِي الْمَنَاطِقِ الْجَافَّةِ، كَالْأُولُورُو (صَخُور أَيْرُز) بِأُسْتْرَالِيَا، كَانَتْ قَدْ تَأَكَّلَتْ بِالتَّجْوِيَّةِ الطَّبِيعِيَّةِ وَالْكِيمَاوِيَّةِ؛ وَيُعْرَفُ وَاحِدَهَا بِالْمِيْحَادِ (إِنْسَلِيرَج). فَالْمَطَرُ عَلَى قَلْبِهِ يَنْخَرِبُ طَبَقَاتِ الصَّخْرِ السُّطْحِيَّةِ؛ وَتَوَالِي التَّمَدُّدُ وَالتَّقْلُّصُ يَوْمِيًّا فِي النَّهَارَاتِ الْحَارَّةِ وَاللَّيَالِي الْبَارِدَةِ يُشَقِّقُهَا وَيَقْلِّصُهَا.

يتساقط  
الصخر  
طبقة طبقة،  
ويُعرف هذا  
بالتجوية التقشريّة.

صخور مسطحة  
تُعرف بالروجن  
متواجدة في  
بونكاياكي، الجزيرة  
الجنوبية، بنيزيلندا



## تأثيرات التذرية

التُّرْبَةُ الصَّحْرَاوِيَّةُ مَزِيجٌ مِنَ التُّرَابِ النَّاعِمِ وَالرَّمْلِ وَالْحَصَى الْخَشِينَةِ. تَذَرُو الرِّيحُ الْمَوَادَّ الدَّقِيقَةَ تَارِكَةً الْحَصَى الثَّقِيلَةَ الَّتِي تُشَكِّلُ لَاحِقًا قَشْرَةً مُتَّصِلَةً تُوقِفُ عَمَلِيَّةَ التَّحَاتِ.

## الرياح الصحراوية

الرَّمْلُ الَّذِي تَسْفِيهِ الرِّيحُ هُوَ أَعْظَمُ الْقُوَى التَّحَاتِيَّةِ فِي الصَّحْرَاءِ. إِنَّ تَذَرَةَ النَّبَاتِ فِي الْمَنَاطِقِ الصَّحْرَاوِيَّةِ تَحْرِمُ التُّرْبَةَ تَمَاسُكُهَا بِشَبَكَاتِ الْجُذُورِ؛ إِضَافَةً إِلَى عَدَمِ وَجُودِ مَا يَكْفِي مِنَ الرُّطُوبَةِ لِتِلَاصُصِ الْجُسَيْمَاتِ بَعْضُهَا مَعَ بَعْضٍ. لَذا تَحْمِلُ الرِّيحُ الرَّمَالَ السَّائِبَةَ وَتَدْوُمُهَا فِي الْعَوَاصِفِ الرَّمْلِيَّةِ، فَتَسْفَعُ بِهَا الصُّخُورَ وَتَحْتُهَا رَمْلًا يُسْتَعْدَمُ فِي حَتٍّ جَدِيدٍ.

## حصى ثلاثية القرن

الْحَصَى الْمُسْتَشِيرَةُ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ تَتَلَقَّى سَفْعًا رَمْلِيًّا شَدِيدًا، يَحْتُّ أَحَدَ جَوَانِبِ الْحَصَا بِسُرْعَةٍ فَيَخْتَلُ تَوَازُنُهَا وَتَمِيلُ لِيَتَعَرَّضَ وَجْهٌ آخَرُ مِنْهَا لِلْسَفْعِ الرَّمْلِيِّ. فَتَصْبِيحُ الْحَصَا أَخِيرًا صَفِيحَةً السُّطُوحِ ثَلَاثِيَّةِ الْقُرْنِ فِي الْغَالِبِ. وَتُبْنِي الْحَصَى الْأَكْبَرُ عَلَى الشَّوْاطِئِ أَوْ فِي فِيعَانِ الْأَنْهَارِ الْجَافَّةِ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ بَوَاضُوحٍ.

الرياح القويّة تسفّع  
الحصاة من أحد  
جوانبها.

بأنجنات ذلك الجانب يَخْتَلُ  
تَوَارُنُ الْحَصَا فَتَنْقَلِبُ.

تَذَرُجُ الْحَصَا  
يُعَرَّضُ سَطْحًا  
جَدِيدًا مِنْهَا لِلْسَفْعِ.

الحصاة الناتجة  
ذات عدّة أوجوه  
مُسَطَّحَةٍ صَقِيلَةٍ.



## الأعمدة الطبلية الأرضية (الرؤجن)

الرَّمْلُ الَّذِي تَذَرُوهُ الرِّيحُ يُسَبِّبُ التَّحَاتِ. فَالصُّخُورُ الْمَكْشُوفَةُ يَسْفَعُهَا الرَّمْلُ إِلَى أَشْكَالٍ غَرِيبَةٍ مَلَسَاءٍ صَقِيلَةٍ. يَحْدُثُ مُعْظَمُ التَّحَاتِ بِالْقُرْبِ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ فَيَكُونُ جُرْفًا مُعَلَّقَةً وَبَنَى صَخْرِيَّةً مُعَلَّقَةً كَالْأَعْمَدَةِ الطَّبْلِيَّةِ تُدْعَى رُوجِن.

يَتَّخِذُ الْعَمُودُ  
الصَّخْرِيُّ بِالشَّكْلِ  
شَكْلًا كَقَطْرِ عَيْشٍ  
الْغَرَابِ.

## صخور فطرية الشكل

تَتَقَرَّرُ جُسَيْمَاتُ الرَّمْلِ كَالْكُرَةِ عَادَةً بِالرِّيحِ الْقَرِيبَةِ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ لِثِقَلِهَا. وَنَتِيجَةُ لِعَمَلِيَّةِ الطَّفْرِ هَذِهِ يَحْصُلُ مُعْظَمُ التَّحَاتِ ضِمْنَ قُرَابَةِ مِثْرٍ وَاحِدٍ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ. فَالْقِيَابُ الْبُرْجِيَّةُ الْعَالِيَةُ تُحْتُّ قَرِيبًا مِنْ قَاعِهَا فَقَطْ، فَتَتَّخِذُ شَكْلًا مُعْتَقًا كَقَطْرِ عَيْشٍ الْغَرَابِ، وَتُدْعَى رُوجِن.

٢٣٠

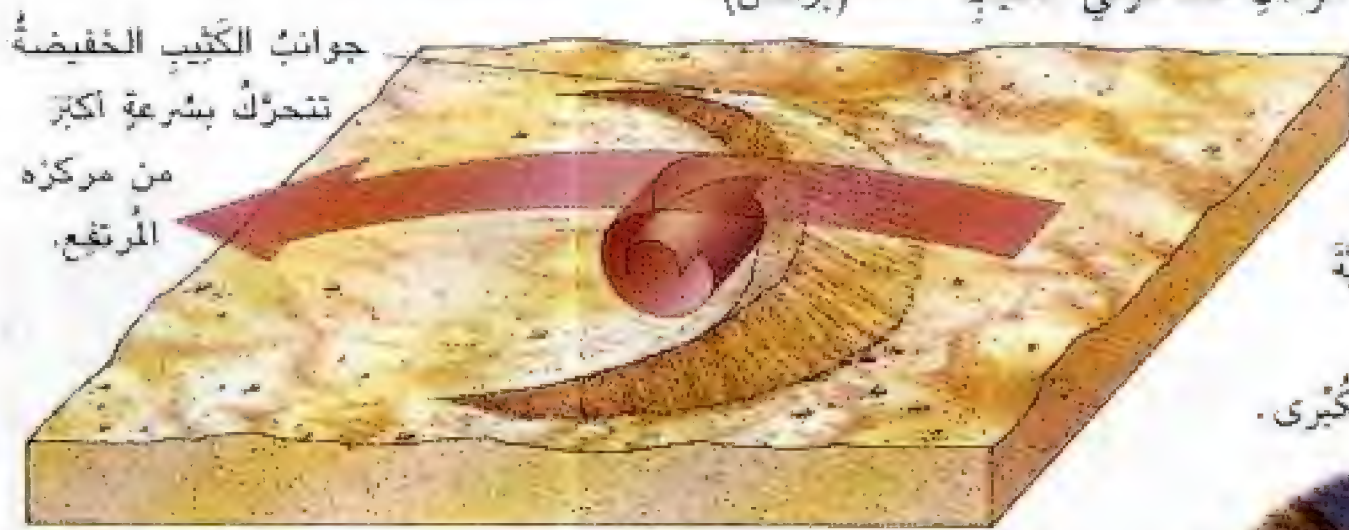


## كُثْبَانُ رَمْلِيَّة

تتراكم الرمال المذرية، من أتربة الصحراء السائبة عادة، أكواما تُدعى كُثْبَانًا رَمْلِيَّة. وتنفث الرياح هذه الكُثْبَان تدريجياً من مكان إلى آخر. تُحسّر المناطق الصحراوية في العالم فقط هي صحار رملية، تتكوّن فيها الكُثْبَان بأشكال عديدة مُختلفة.

## الكُثْبَانُ الهَلَالِيَّة (البرخانية)

اشهر أنواع الكُثْبَان الرَمْلِيَّة هي الكُثْبَانُ الهَلَالِيَّة. وهي تتخذ هذا الشكل لأن سفي الرمال عند طرفي الكُثْبَان أكثر منه في الوسط. وتُشكّل التجمّعات الكبيرة من هذه الكُثْبَان الهَلَالِيَّة بسطة الأرض الرَمْلِيَّة النموذجية الشبيهة بصفحة البحر، كما في الصحراء الكبرى.



جرائن مُنخل تُجرّ في كورنوال، بإنكلترا

## الجرائنُ النُحْر

بعض المعادن، كالفلسبار، أحد مقومات الجرائن، عُرضة للتجوية الكيميائية. فحال تفاعل الفلّسبار مع مياه الأمطار الحنضية، تفكك المعادن الأخرى ويتفتت الجرائن.



## الجُرفُ الصخريّة والفِجَاج

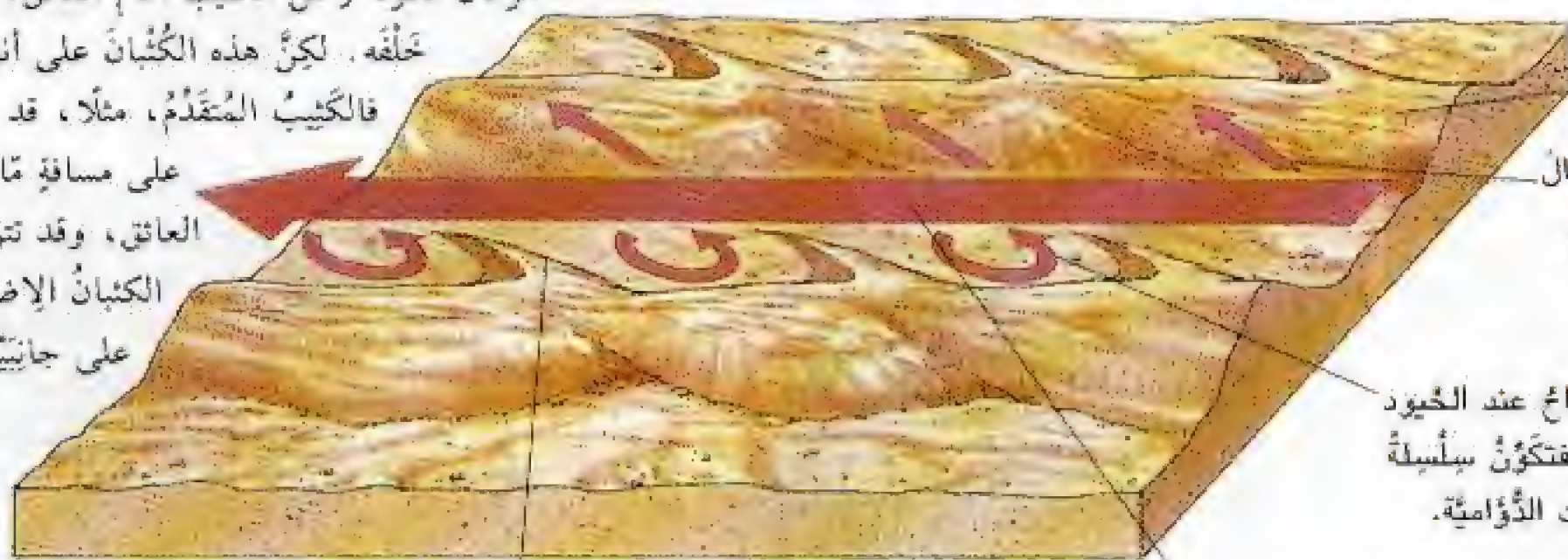
الكالسيّة عُرضة للتضرّر بالتجوية الكيميائية. فحينما يتعرّض الصخر الكالسي للمطر، يتحلل الكالسيّ على السطح وعلى امتداد الشقوق. وهكذا يتحلل الصخر إلى جُرف تفصلها شقوق موسعة تُدعى الفِجَاج.

## كُثْبَانُ رَأْسِيَّة وَذَيْلِيَّة

تتكوّن الكُثْبَانُ الرَأْسِيَّة والذَيْلِيَّة قُرب مَصْد أو عائق كَجَنِيَّة مثلاً، فتتراكم الرمالُ مُكوّنة رأس الكُثْبَان أمام العائق، والذيل خلفه. لكن هذه الكُثْبَان على أنواع - فالكُثْبَانُ المُتَقَدِّم، مثلاً، قد يترسّب على مسافة ما قبل العائق، وقد تتراصّف الكُثْبَانُ الاضطرابية على جانبيه.

## كُثْبَانُ طُولَانِيَّة (سيفيّة)

خيود رملية تتراكم بموازاة اتجاه الرياح. تحمل الرياح الرمال على امتداد جوانب الخيود.



## الكُثْبَانُ الطُولَانِيَّة

تتكوّن الكُثْبَانُ الطُولَانِيَّة (أو السيفيّة) كخيود طويلة بموازاة اتجاه الرياح. ويمكنُ مشاهدتها بوضوح في المواقع حيث يُسنى الرملُ عبر الصُخُور الجرداء.

## السَّفِينُ الصَّقِيْعِي

السَّفِينُ الصَّقِيْعِي عام في المناخ البارد، وهو نوع من التجوية الطبيعية. تسرب المياه في شقوق الصخر، وعندما تتجمّد يكبر حجمها بالتدو فتوسّع الشقوق الصخرية. وتكرّر هذه العملية، تتلف كتل الصخر وتسقط متراكمة على السفح الجبلي كمنحدرات ركامية هشيمية - كالتي في الرسم المقابل في كامب بونت بشبه الجزيرة القطبية الجنوبية.

جُرف صخريّة وفِجَاج في يوركشاير ديلز، بإنكلترا

## المَطَرُ الحَمَضِيّ

تتولّد الحُمُوضُ الطبيعية في مياه المطر من ذوبان ثاني أكسيد الكربون فيها. ويحوي المطر، في المناطق المعمورة، حُمُوضاً من الغازات الصناعية المذابة فيه، كثاني أكسيد الكبريت، تُسبب المطر الحمضي. وهذا يزيد معدّل التجوية الكيميائية فيتلف المباني والتماثيل - كهذا الأسد الحجري في ليدز، بإنكلترا.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الحوامض ص ٦٨
- الصقيع والندى والجليد ص ٢٦٨
- رصد الطقس ص ٢٧٢
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الصحاري ص ٣٩٠



# أنواع التربة

إذا تطلعت إلى منظر طبيعي ترى عادة أعشاباً ونباتات وأشجاراً، وهذه لا حياة لها بدون تربة. والتربة خليط مُعَقَّد من المواد الصخرية الحديثة والمُنْحَتَّة، والمعادن المُذابة والمُعَادِ ترسُّبها، مع بقايا الكائنات الحيَّة التي عاشت فيما مَضَى. هذه المُقَوِّمات تمتزجُ معاً بحفَر الحيوانات الجاحِرة، وضُغْطُ جذور النبات، وتحركات المياه الجوفية. إنَّ نوع التربة وتركيبها الكيماوي وطبيعة أصلها العضوي عواملٌ مهمَّةٌ جدًّا للزراعة، وبالتالي لحياتنا وعيش مختلف الحيوانات. هنالك أنواعٌ عديدةٌ من التربة، تتباينُ من جُزءٍ إلى آخر في الأرض تبعاً للمناخ والبيئة.

الأفق الصُّفْري، طبقةٌ دَبَالِيَّةٌ من بقايا المواد النباتية.



الأفق أ، التربة الفوقية: طبقة غنيَّة عضويًا، لكن بعض المعادن تُسْتَنْضَخُ المياه الجوفية.

الأفق ب، التحربة: طبقة أقلُّ عضويَّة، لكنَّها غنيَّة بالمعادن المُسْتَنْضَخَة من التربة الفوقية.

الأفق ج، الصخر الأم: طبقة مُهشَّمة ومُجَوَّاة إلى كثيرٍ سائبة، وهي لا تحوي موادَّ عضويَّة.

الأفق د، طبقة صخر الأديم الغطائي: مصدرُ المحتوي المعدني للتربة.

الصلصال تربة ثقيلة لا تُصْرَفُ الماء. والصلصال الرطب لزجٌ ولَدُنْ وقد يحوي مُغذيات كثيرة.



الحث تربة داكنة اللون، تحوي نسبة كبيرة من الدبال المتولّد من الانحلال الجُزئي لنباتات المُستنقعات؛ وتعمل التربة الحثية إلى الاحتفاظ بالماء.



التربة الرملية خفيفة، تُصْرَفُ الماء بسهولة. وهي تحوي كمية قليلة من المواد العضوية؛ لذا فهي قليلة الخشب.

غابة ديمية كثيفة في فنزويلا



المناخ الحار الرطب يحوي صخر القاعدة في فنزويلا

المناخ البارد قليل التجميد، لذا تميل التربة القطبية إلى الرقة.

فيما يُسمَّى رُخْفُ التربة. وغالبًا ما تكون جسيمات التربة مترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب

مُكوِّنة ألواحًا جاسية. فتتحرك هذه نزولاً في سلسلة من البنى المُدرَّجة أو المصاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التحات.

تتحرك تربة المنحدر تدريجيًا جسيمًا جسيمًا نحو الأسفل - فيما يُسمَّى رُخْفُ التربة. وغالبًا ما تكون جسيمات التربة مترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب

مُكوِّنة ألواحًا جاسية. فتتحرك هذه نزولاً في سلسلة من البنى المُدرَّجة أو المصاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التحات.

تتحرك تربة المنحدر تدريجيًا جسيمًا جسيمًا نحو الأسفل - فيما يُسمَّى رُخْفُ التربة. وغالبًا ما تكون جسيمات التربة مترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب

مُكوِّنة ألواحًا جاسية. فتتحرك هذه نزولاً في سلسلة من البنى المُدرَّجة أو المصاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التحات.

تتحرك تربة المنحدر تدريجيًا جسيمًا جسيمًا نحو الأسفل - فيما يُسمَّى رُخْفُ التربة. وغالبًا ما تكون جسيمات التربة مترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب

مُكوِّنة ألواحًا جاسية. فتتحرك هذه نزولاً في سلسلة من البنى المُدرَّجة أو المصاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التحات.

تتحرك تربة المنحدر تدريجيًا جسيمًا جسيمًا نحو الأسفل - فيما يُسمَّى رُخْفُ التربة. وغالبًا ما تكون جسيمات التربة مترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب

مُكوِّنة ألواحًا جاسية. فتتحرك هذه نزولاً في سلسلة من البنى المُدرَّجة أو المصاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التحات.

تتحرك تربة المنحدر تدريجيًا جسيمًا جسيمًا نحو الأسفل - فيما يُسمَّى رُخْفُ التربة. وغالبًا ما تكون جسيمات التربة مترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب

مُكوِّنة ألواحًا جاسية. فتتحرك هذه نزولاً في سلسلة من البنى المُدرَّجة أو المصاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التحات.

تتحرك تربة المنحدر تدريجيًا جسيمًا جسيمًا نحو الأسفل - فيما يُسمَّى رُخْفُ التربة. وغالبًا ما تكون جسيمات التربة مترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب

مُكوِّنة ألواحًا جاسية. فتتحرك هذه نزولاً في سلسلة من البنى المُدرَّجة أو المصاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التحات.

تتحرك تربة المنحدر تدريجيًا جسيمًا جسيمًا نحو الأسفل - فيما يُسمَّى رُخْفُ التربة. وغالبًا ما تكون جسيمات التربة مترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب

مُكوِّنة ألواحًا جاسية. فتتحرك هذه نزولاً في سلسلة من البنى المُدرَّجة أو المصاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التحات.

## جانبية التربة

تتكوّن التربة من عدّة طبقات أو آفاق يُسمّى تواليها جانبية التربة. تُبيّن الجانبيّة مختلف مُكوّنات التربة - من فئات الصخور وأنحلالها إلى إضافات الكائنات الحيّة. وتختلف هذه الطبقات من تربة إلى أخرى نوعًا وحجمًا.

انزلاق أرضي صغير في جبال الهندوس، باليونان



تتحرك الكتل

المُجَوَّاة إلى السفوح.

الأشجار المائلة

تعاود النمو عموديًا، فتتقوّن جذوعها إلى أعلى.

الجدران وأعمدة التلغراف والإنشاءات الاصطناعية الأخرى تميل تدريجيًا، ثم تنهار.

الجدران وأعمدة التلغراف والإنشاءات الاصطناعية الأخرى تميل تدريجيًا، ثم تنهار.

الجدران وأعمدة التلغراف والإنشاءات الاصطناعية الأخرى تميل تدريجيًا، ثم تنهار.

الجدران وأعمدة التلغراف والإنشاءات الاصطناعية الأخرى تميل تدريجيًا، ثم تنهار.

الجدران وأعمدة التلغراف والإنشاءات الاصطناعية الأخرى تميل تدريجيًا، ثم تنهار.

المُنحدرات غير مُستقرّة لأنّ جاذبيّة الأرض تُشدّ ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأيّ تغيير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر، ونتيجة لذلك تتعرّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوّه شكل النباتات النامية.

المُنحدرات غير مُستقرّة لأنّ جاذبيّة الأرض تُشدّ ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأيّ تغيير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر، ونتيجة لذلك تتعرّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوّه شكل النباتات النامية.

المُنحدرات غير مُستقرّة لأنّ جاذبيّة الأرض تُشدّ ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأيّ تغيير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر، ونتيجة لذلك تتعرّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوّه شكل النباتات النامية.

المُنحدرات غير مُستقرّة لأنّ جاذبيّة الأرض تُشدّ ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأيّ تغيير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر، ونتيجة لذلك تتعرّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوّه شكل النباتات النامية.

المُنحدرات غير مُستقرّة لأنّ جاذبيّة الأرض تُشدّ ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأيّ تغيير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر، ونتيجة لذلك تتعرّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوّه شكل النباتات النامية.

المُنحدرات غير مُستقرّة لأنّ جاذبيّة الأرض تُشدّ ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأيّ تغيير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر، ونتيجة لذلك تتعرّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوّه شكل النباتات النامية.

المُنحدرات غير مُستقرّة لأنّ جاذبيّة الأرض تُشدّ ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأيّ تغيير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر، ونتيجة لذلك تتعرّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوّه شكل النباتات النامية.

المُنحدرات غير مُستقرّة لأنّ جاذبيّة الأرض تُشدّ ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأيّ تغيير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر، ونتيجة لذلك تتعرّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوّه شكل النباتات النامية.

المُنحدرات غير مُستقرّة لأنّ جاذبيّة الأرض تُشدّ ما يتجمّع عليها إلى أسفل. وأيّ تغيير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر، ونتيجة لذلك تتعرّض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوّه شكل النباتات النامية.

## سماكة التربة

يعتمد عمق التربة على عوامل مُتعدّدة، كوجود منحدر مثلاً تُجفّر فيه التربة المُكوّنة باستمرار، وعلى طبيعة صخر الأديم. فالحجر الكلسي، مثلاً، يُنحط بسهولة أكثر من الحجر الرملي، فيكون بالتالي مُتّجّات انحلائية أكثر. لكنّ عاملي المناخ والتجوية هما الأهم والأشدّ أثرًا.



رُخْفُ التربة على قلال شيلترن، بياكلترا.

## لزيد من المعلومات انظر

- الكيمياء العضوية ص ٤١
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الاحافير ص ٢٢٥
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- المناخ ص ٢٤٤



# الأنهار

الأمطار المتساقطة تكون بركاً وغدراناً، أو تغور في الأرض ثم تتفجر ينابيع تنساب في الأودية والتجاويف مكونة جداول وأنهاراً تصب في البحر. الماء الجاري يسهم في تشكيل صفحة الأرض؛ فيحترق صخور الجبال ويرسب الحثات مجدداً قرارات فوق السهول والمنخفضات، ومن ثم تالياً إلى قاع البحر. توجد معظم أنهار العالم الكبرى في المناطق المدارية حيث تتوافر عادة مصادر دائمة للمياه بسبب غزارة الأمطار.



فيضان في بنغلاديش. تحمل مياه النهر جسيمات راسبية تلوئها.

**الفيضان**  
الأنهار مهمة للناس كإحدى وسائل النقل، ومصادر لمياه الشرب والصناعة وري المزروعات؛ لكنها قد تشكل خطراً داهماً يهدد أرواحهم وأرزاقهم، إذ يسبب تزايد الأمطار المفاجئ فيضانات تدمر القرى والمدن المشادة على ضفاف الأنهار.

## تكون الأنهر - المرحلة الأولى



## مراحل في مجرى النهر

تلاحظ في مجرى النهر ثلاث مراحل. في مرحلته الأولى يندفع النهر بسرعة، شاقاً مساره عميقاً في المجري، وحاملاً معه شتى الأنقاض والحثات الصخرية. في المرحلة الثانية، يتباطأ النهر فيرسب قراراته، ويتابع الحث في مجراه. في مرحلته الثالثة، تخور قوى النهر فيطرح كامل حمولته من الأنقاض عند مصبه في البحر.

الري في حوض زهلي بإحدى جرد الكناري



الري

نحتاج الزروع ماء لنمو. وكثيراً ما تُغنى مياه الأنهار لسقي المزروعات في نظام ري معين. وقد عرفت أنظمة الري المعقدة على ضفاف الأنهر منذ الحضارات الأولى في مصر القديمة على ضفاف النيل.

## القدرة الكهربائية

لقد استخدمت طاقة المياه المتدفقة عبر التاريخ. ففيما مضى كانت النواعير تدير المكينات لطلحن الحبوب وتشغيل الأنوال. وفي وقتنا الحاضر، تُسخر مياه الشدود في تسير التربينات لتوليد الكهرباء لمختلف احتياجات السكان. محطة قدرة كهربائية على سد ساشتا في ردينغ، كاليفورنيا، بالولايات المتحدة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الماء - معالجته وصناعته ص ٨٣
- المولدات ص ١٥٩
- التجوية والحثات ص ٢٣٠
- خط الساحل ص ٢٣٦
- المطر ص ٢٦٤



# البحار والمحيطات

خارطة الحيويد والأخاديد المحيطية في العالم



خارطة قيعان البحار

كانت قيعان المحيطات أغزاً مغلقاً قبل بضعة عقود من السنين. لكن في الستينيات من القرن العشرين، اخترع العلماء آلات تستطيع تصوير أشكال الأرض عن بُعد. وقد استخدمت هذه الصور المتتالية بعبادياً في رسم خرائط قيعان البحار.

سمكة سيلانكنت (المجوفة الاشواك) في مياه جزر القمر



سيلانكنت

تجوب أعماق المحيطات السحيقة مخلوقات غريبة، كسمكة السيلانكنت التي كان يظن العلماء أنها انقرضت منذ ٢٠٠ مليون سنة. لكن في عام ١٩٣٨، التقطت إحداها في مياه المحيط قبالة مدغشقر ولا يزال يلتقط بعضها حتى اليوم. إن البقاء في أعماق المحيطات، حيث الأحوال المعيشية لا تتغير كثيراً، أسير لهذه الحيوانات القديمة.

بيئة المياه الحارة

تُقبَق على امتداد الحيويد المحيطية مياهٌ بركانية حارة غنية بالكيمائيات. هذه المياه تجذب البكتيريا، وقد تطورت فيها حيوانات تغذي بالبكتيريا، وكذلك حيوانات أخرى تأكل هذه الحيوانات. وتعيش في هذه البيئة المظلمة العميقة كائنات لم تر نور الشمس مطلقاً - كهذه القشريات والرخويات في جزر جلاياغوس.

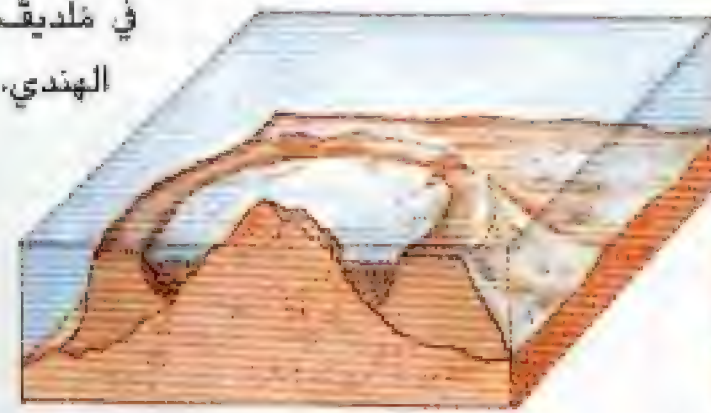


الشعاب المرجانية

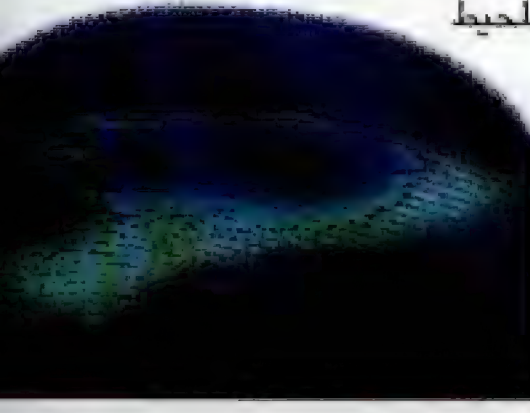
ينمو المرجان فقط حيث المياه صافية دافئة وضحلة؛ كما هي الحال في شواطئ الجزر المدارية مثلاً. يكون المتعضي المرجاني صدفةً كلسية تتضام مع أحر مشكلة أساساً وطيداً ليمو المزيد من المرجان. وبهذه الطريقة تراكم، مقارنة سطح الماء، أرضية شائعة تدعى شعاباً مرجانية.

يبدأ الشعب المرجاني بالنمو في المياه الضحلة حول جزيرة مدارية. فإذا غاصت الجزيرة في الماء، يتابع المرجان نموه مشكلاً حاجزاً مرجانياً منفصلاً عن الجزيرة.

عندما تختفي الجزيرة تحت أمواج البحر، تُخلَف جزيرة مرجانية حلقية تتوسطها بحيرة ضحلة.



جزيرة مرجانية حلقية (أثول) في ملديف بالمحيط الهندي.



لمزيد من المعلومات انظر

كيمياء الماء ص ٧٥

بنية الأرض ص ٢١٢

الصخور والمعادن ص ٢٢١

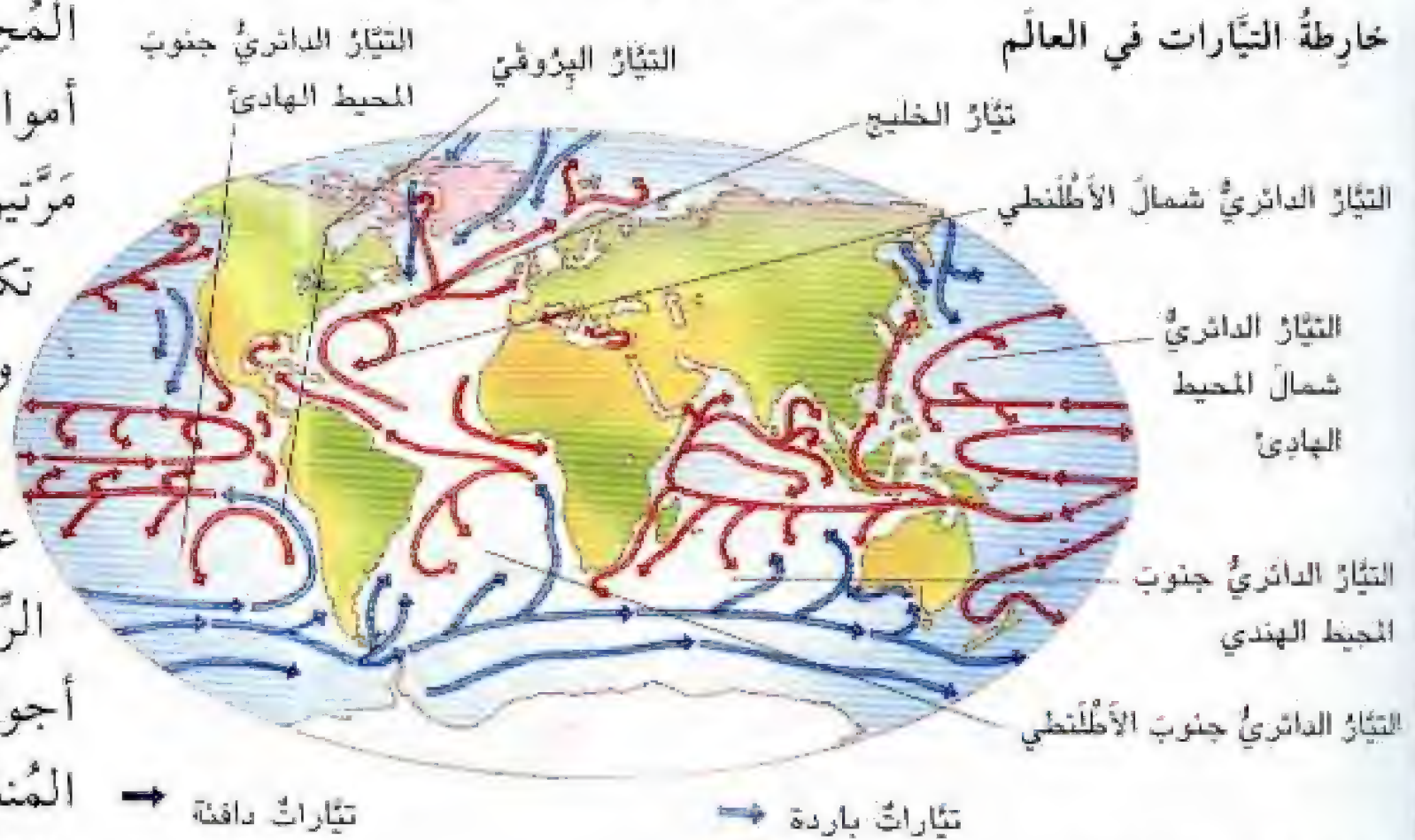
الأمواج والمد (الجزر) والتيارات

ص ٢٣٥



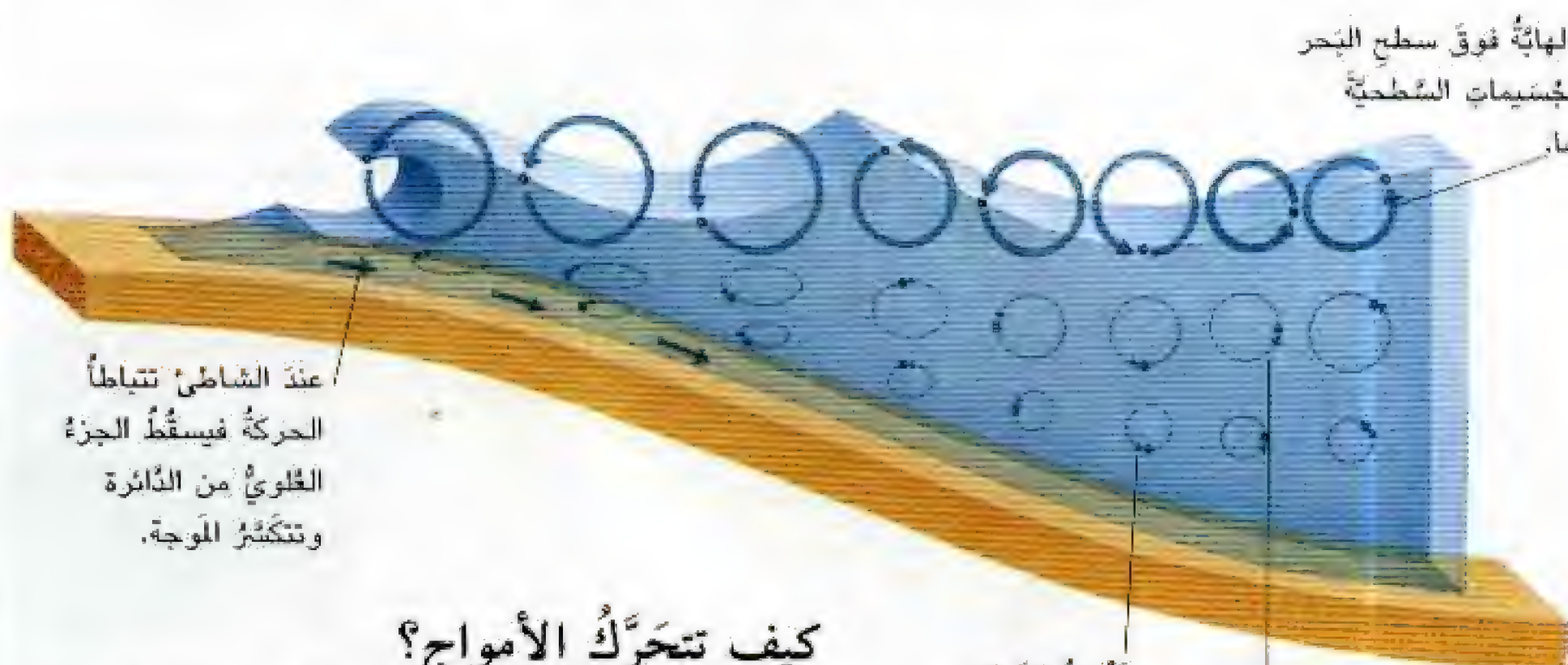
# الأمواج والمدّ والمدرّ (المدّ والجزر) والتيارات

المُحيطات لا تهدأ أبداً؛ فالرياح المحلية تدفع سطح البحر أمواجاً تلاحم الشاطئ. والمدّ والمدرّ يجتاح المرافئ جيئةً وذهاباً مرتين كل يوم بفعل جاذبية الشمس والقمر. وفي الوقت نفسه، تكتسح الرياح العالمية البحار مكونة تيارات مُحيطيّة عظيمة؛ ومع تدويم الأرض تنفّث التيارات مُنساباً حوّل المُحيطات في مسارات دائريّة ضخمة. فالتيارات الساخنة تنساب بعيداً عن خطّ الاستواء، والباردة تنساب عائدة نحوه. وتحمل الرياح التي تهب فوق تلك التيارات، إلى اليابسة المُجاورة، أجواءً دافئة أو باردة - ممّا يجعل لهذه التيارات تأثيراً كبيراً على المناخ. فتيار الخليج الساخن في المحيط الأطلنطي مثلاً يبقّي القسم الشمالي الغربي من أوروبا دافئاً في الشتاء.



## التيارات المُحيطيّة

التيارات المدوّمة المُحيطيّة الضخمة تُسببها الرياح السائدة. فالرياح التجارية في جنوب المحيط الهادي (الباسيفيكي) تدفع التيار البروّفي البارد نحو الساحل الغربي لأمريكا الجنوبيّة.



## كيف تتحرّك الأمواج؟

عندما تُمسّ الرياح سطح البحر تُرسِلُ تموجاتٍ يميّة عبر الماء. ورغم أن الأمواج تقطع مسافات شاسعة عبر المحيط، فإن كل جسيم من الماء يدور دائرياً في موقعه فقط.

تنتشر الدوائر تحت السطح حتى تخفد في العمق. جسيمات الماء القريبة من السطح تواصل تقلّبها ودورانها مراراً وتكراراً.

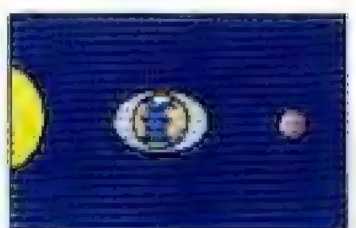
## تسونامي (الموجة السّاميّة)

الموجة السّاميّة الضخمة (التسونامي) يُسببها زلزال تحت البحر؛ فتندفع الاهتزازات عبر المحيط بسرعة مئات الكيلومترات في الساعة. وعندما تبلغ مياهها ضحلة تتباطأ سرعتها وتتراكم عالياً في أمواج هائلة يصل ارتفاعها أحياناً إلى علو ٧٦ م. وعندما ترتطم التسونامي بالشاطئ، تكتسح كل شيء في طريقها.

تُعارف خَلْقَتُهُ تسونامي في ألاسكا (أذار عام ١٩٦٤)



عندما يكون جُذْبُ الشمس والقمر باتجاهات مُختلفة، يتناقص ارتفاع المدّ وانخفاض الجزر.

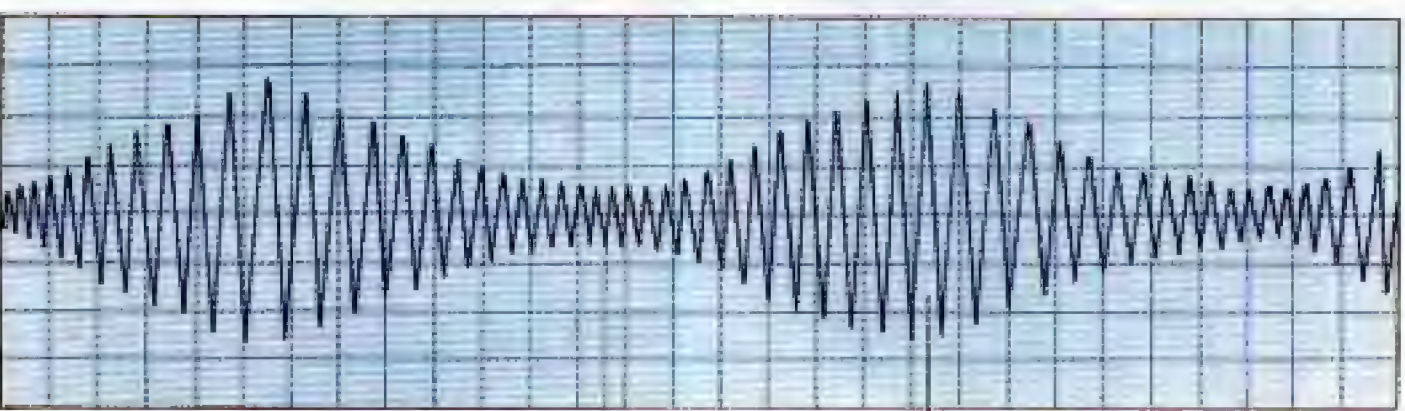


عندما تكون الشمس والقمر في خط مُستقيم، يكون المدّ عالياً جداً، والجزر خفيضاً جداً.

يتكوّن مدّ آخر على قسّم الأرض المُقابل بفعل تدويم الأرض.



يجذب القمر مدّاً على قسّم الأرض المواجه له تماماً.



المدّ الأدنى (التريعي)

المدّ الأعلى (أو التام)

## الشمس والقمر والمدّ

قوة جُذْب القمر تُنفّخ الماء مدّاً على كلا جانبي الأرض. ولما كانت الأرض تدور حوّل نفسها، فإن المدّ يحصل في كل موقع فيها مرتين كل يوم. والشمس تجذب الماء أيضاً لكن (بسبب بُعدها القاصي) ليس بقوة جُذْب القمر. وهذا الجُذْب يُؤاخر جُذْب القمر مرّة في الشهر، ويُضاهيه مرّة.

## كيف يعمل المدّ؟

تخيّل أمّاً تودّجج ولدها دائرياً؛ وفي كل دورة تطاير تنوره الأم إلى الخلف. فالولد يُمثّل القمر في دورانه حوّل الأرض، وتُمثّل الأم الأرض في تدويمها حوّل نفسها، وارتفاع تنورتها يُمثّل حصول المدّ في جانب الأرض المُتوجّه بعيداً عن القمر.



تنطائر التنورة

إلى الخلف كالماء المُندفع بعيداً عن القمر.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الحركة الدائريّة ص ١٢٥
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الجليد والمثلج ص ٢٢٨
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- خطّ الساحل ص ٢٣٦
- الكون ص ٢٧٤



# خَطُّ السَّاحِلِ

إِنْ كُنْتَ تَسْبَحُ أَوْ تَجِدُّ عَلَى شَاطِئِ الْبَحْرِ فَأَنْتَ فِعْلًا عَلَى حَافَةِ الْبَحْرِ فِي بَدَايَةِ السَّاحِلِ. فَكُلُّ أَرْضٍ بِمُحَازَاةِ الْبَحْرِ هِيَ سَاحِلٌ؛ وَكُلُّ سَاحِلٍ فَرِيدٌ بِمَعَالِمِهِ وَخَصَائِصِهِ. مَعَالِمُ السَّاحِلِ تَحَدِّدُهَا عِدَّةُ عَوَامِلَ كَالرِّيَّاحِ الْعَاتِيَةِ وَالْأَمْوَاجِ الْمُتَلَاظِمَةِ وَدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ وَالْمُنَاخِ وَأَنْوَاعِ الصَّخُورِ الْمُتَوَاجِدَةِ هُنَاكَ. وَقَدْ تَتَغَيَّرُ السَّوَاحِلُ مِنْ رَمْلِيَّةٍ إِلَى صَخْرِيَّةٍ أَوْ الْعَكْسِ. وَيَتَشَكَّلُ خَطُّ السَّاحِلِ بِهُبُوبِ الرِّيَّاحِ عَبْرَ سَطْحِ الْمُحِيطِ، نَاقِلَةً بَعْضَ طَاقَتِهَا إِلَى الْمِيَاهِ. وَتَبْدَى هَذِهِ الطَّاقَةُ أَمْوَاجًا تَقْطَعُ مَسَافَاتٍ طَوِيلَةً تَقْتَرِنُ عِنْدَ ارْتِطَافِهَا بِخَطِّ السَّاحِلِ، لَكِنَّ قُوَّتَهَا التَّدْمِيرِيَّةَ تَظَلُّ فَاعِلَةً فِي حَتِّ رُؤُوسِ الْبَرِّ وَاتِّكَالِ الْجُرْفِ السَّاحِلِيَّةِ.



## خَطُّ السَّاحِلِ

يَبْدُو قُدْرَةُ الْبَحْرِ الْهَائِلَةُ وَاضِحَةً عَلَى أَمْثَالِ هَذَا الشَّاطِئِ الصَّخْرِيِّ فِي كَيُوَانْدَا، أَوْرِيْجُون، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ. فَالصَّخُورُ تَوَلَّفَتْ أَسَاسَ صَفْحَةِ الْأَرْضِ، لَكِنَّهَا تَتَأَكَّلُ وَتُحْتُّ بِرَظْمِ الْمَوْجِ الْمُتَوَاصِلِ.

تُحْتُّ الْأَمْوَاجُ الشَّقُوقَ الْمُتَوَاجِدَةَ فِي رُؤُوسِ الْبَرِّ وَتَجْعَلُ مِنْهَا كَهُوفًا بَحْرِيَّةً وَاسِعَةً.

الْكُهُوفُ عَلَى جَانِبَيْ رَأْسِ مِنَ الْبَرِّ قَدْ تَتَبَّعَتْ وَتَتَبَّعُ لَتَكُونُ قَنْطَرَةً طَبِيعِيَّةً.

بِاسْتِمْرَارِ التَّحَاتِّ، يَنْهَازُ سَقْفُ الْقَنْطَرَةِ تَارِكًا نَاشِزَةً أَوْ مَسَلَّةً بَحْرِيَّةً.

## تَحَاتُّ رُؤُوسِ الْبَرِّ

تَتَأَلَّفُ رُؤُوسُ الْبَرِّ مِنْ صَخُورٍ صَلْدَةٍ، لَكِنَّهَا، عَلَى مَرِّ الزَّمَنِ، تَتَأَكَّلُ بِالتَّحَاتِّ. فَالْأَمْوَاجُ الْمُقْتَرِبَةُ مِنْ أَحَدِ الرُّؤُوسِ تَلْتَفُّ حَوْلَهُ وَتَحْتُّ مِنْ مُخْتَلِفِ جَوَانِبِهِ مُحْدِثَةً كُهُوفًا وَقَنَاظِرَ تَظَلُّ عُرْضَةً لِلْحَتِّ وَالتَّأَكُّلِ. وَالتَّحَاتُّ يَجْرِي بِطَرِيقَتَيْنِ رَاسِيَّتَيْنِ: فِي الْأُولَى، يُبْرَى الصَّخْرُ وَيَتَأَكَّلُ بِالْحِجَارَةِ الَّتِي تَقْذِفُهَا الْأَمْوَاجُ (فِيمَا يُسَمَّى التَّحَاتُّ الطَّبِيعِيُّ أَوْ الْبَلَى بِالْإِحْتِكَازِ). وَفِي الثَّانِيَةِ، تَتَوَسَّعُ شُقُوقُ الصَّخْرِ عِنْدَ تَمَدُّدِ الْهَوَاءِ الْمُنْضَغِطِ بِالْمِيَاهِ الْمُنْدَفِقَةِ، عِنْدَ تَرَاجُعِهَا، مُسَبِّبًا التَّكْهُفَ.

## الْأَوْدِيَّةُ الْغَاطِسَةُ (الشُّرُومُ)

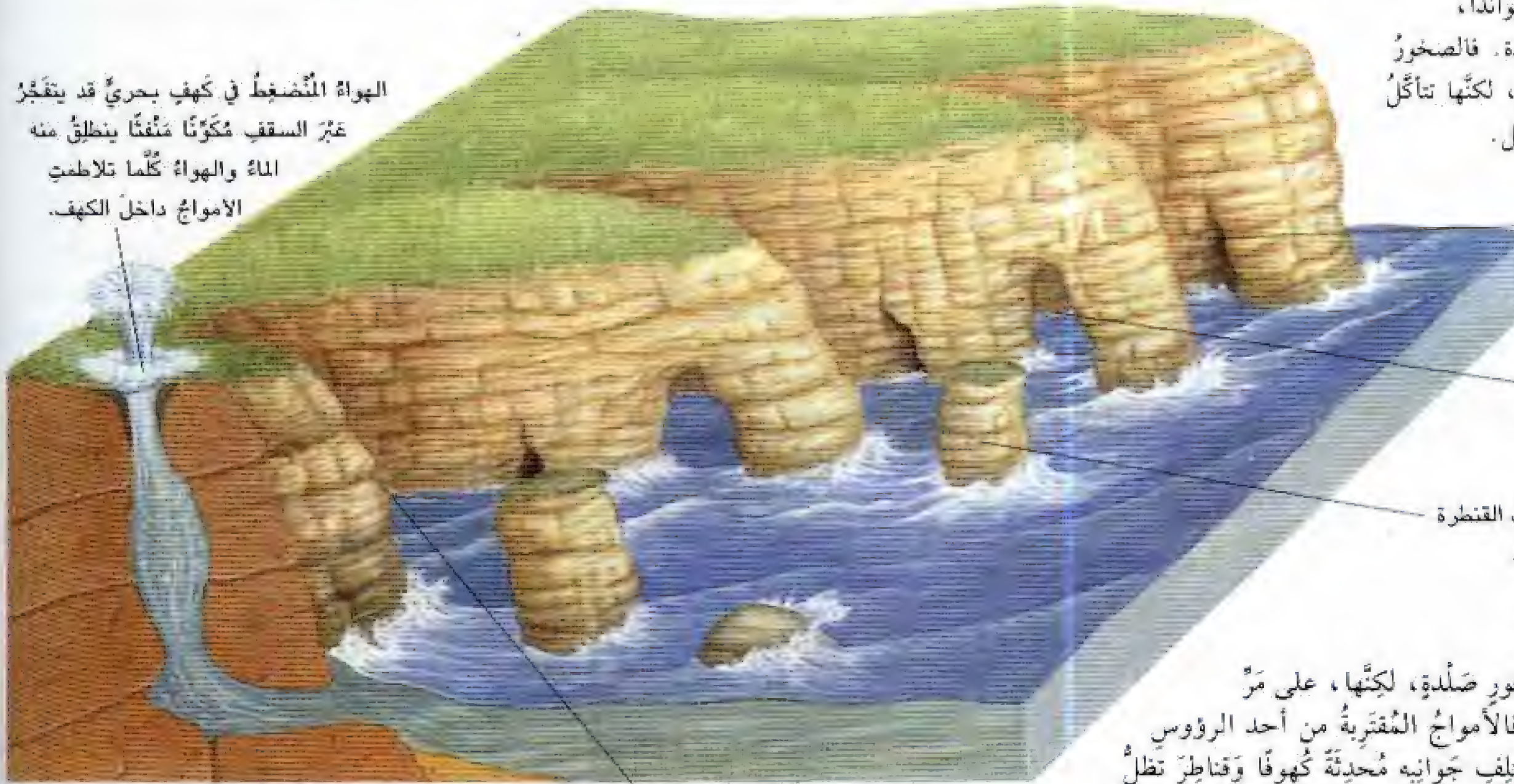
إِذَا هَبَطَتِ الْيَابِسَةُ أَوْ أَرْتَفَعَ مُسْتَوَى الْبَحْرِ، تَغْمُرُ الْمَنَاطِقَ السَّاحِلِيَّةَ بِالْمِيَاهِ. فَنِي نَهَايَةِ آخِرِ عَصْرِ جَلِيدِي، انْصَهَرَتِ الْقَلَائِشُ الْجَلِيدِيَّةُ فِي شَتَّى مُحِيطَاتِ الْعَالَمِ فَارْتَفَعَ مُسْتَوَى الْبَحْرِ وَأَصْبَحَتِ التَّلَالُ جُزْرًا، وَفَاضَتْ أَوْدِيَّةُ الْإِنْهَارِ مُكَوَّنَةً خَطًّا سَاحِلِيًّا مُفْرَضًا ذَا خُلُجٍ مُتَفَرِّعَةٍ تُدْعَى شُرُومًا أَوْ أَوْدِيَّةً غَاطِسَةً.

شُرُومٌ وَمَصَبَّاتٌ خَلِيجِيَّةٌ فِي جَالِيْشِيَا، بِإِسْبَانِيَا

## الْخُلُجَانُ الْإِفْجِيْجِيَّةُ (الْفِيُوزَاتُ)

عِنْدَمَا تَذُوبُ الْمَتَالِيجُ، تَتْرَكَ عَادَةً أَوْدِيَّةً تَوْنِيَّةَ الشَّكْلِ، تَغْمُرُهَا مَسْتَوِيَّاتُ الْبَحْرِ الْمُرْتَفَعَةُ عَلَى أَمْتِدَادِ السَّاحِلِ، مُكَوَّنَةً خُلُجَانًا ضَيِّقَةً طَوِيلَةً عَمُودِيَّةَ الْجَوَانِبِ. وَيُلَاحَظُ أَنَّ الصَّخُورَ وَالْمَوَادَّ الْأُخْرَى الْمُتَرَسِّبَةَ فِي مَصَبَّاتِ هَذِهِ الْأَوْدِيَّةِ تَجْعَلُ مَدَاخِلَهَا ضَخْلَةً جَدًّا. وَيُطْلَقُ اللَّفْظُ التُّرُوجِيُّ فَيُوزَدُ (الَّذِي مَعْنَاهُ شَعْبٌ مِنَ الْبَحْرِ تَكْتَنِفُهُ جُرْفٌ شَدِيدَةُ الْانْحِدَارِ) عَلَى هَذِهِ الْخُلُجَانِ الْإِفْجِيْجِيَّةِ.

الْهَوَاءُ الْمُنْضَغِطُ فِي كَهْفٍ بَحْرِيٍّ قَدْ يَنْقَبِزُ عَبْرَ السَّقْفِ مُكَوِّنًا خَنْقَةً يَنْطَلِقُ مِنْهُ الْمَاءُ وَالْهَوَاءُ كُلَّمَا تَلَاظَمَتِ الْأَمْوَاجُ دَاخِلَ الْكَهْفِ.



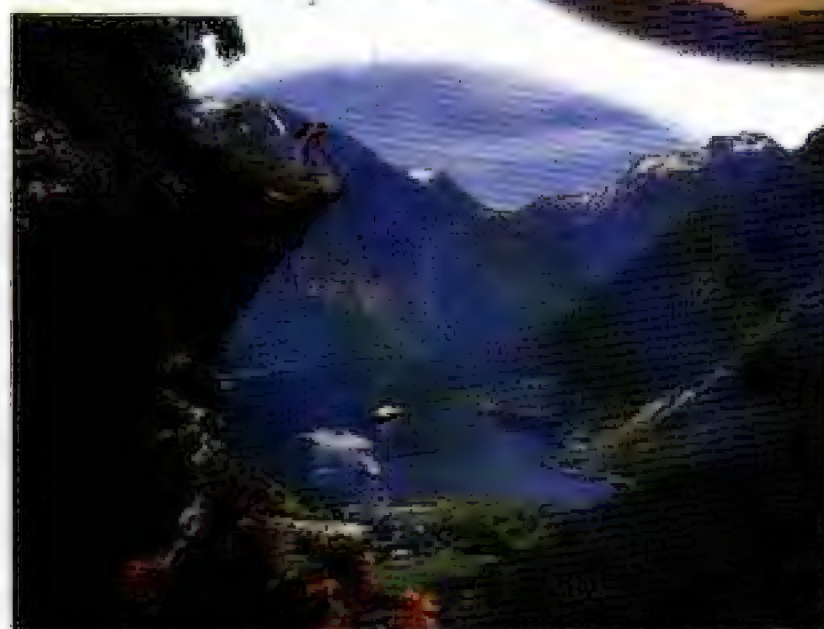
تَنْحَتُّ رُؤُوسُ الْبَرِّ إِلَى كُهُوفٍ، وَتَالِيًا إِلَى قَنَاظِرَ، ثُمَّ إِلَى نَوَاشِيزٍ أَوْ مَسَلَّاتٍ بَحْرِيَّةٍ.

شَابَاهَارُ مَكْرَانِ، بِإِيرَانَ

تُبَيِّنُ هَذِهِ الْخَارِطَةُ بَضْعَةً نَمَازِجَ مِنْ خُطُوطِ السَّاحِلِ الْمُخْتَلِفَةِ حَوْلَ الْعَالَمِ. وَيُسَاعِدُ التَّرْمِيزُ اللَّوْنِيُّ فِي تَحْدِيدِ كُلِّ نَوْعٍ.



فِيُوزَدُ جِيرْتُجَرِ، بِالنُّجُوجِ



## تَكْوِينُ أَرْضٍ جَدِيدَةٍ

الْبَحْرُ قَادِرٌ عَلَى تَدْمِيرِ الْيَابِسَةِ؛ وَهُوَ أَيْضًا قَادِرٌ عَلَى تَكْوِينِهَا. فَالْمَوَادُّ الْمُتَرَسِّبَةُ عَلَى الشَّوْاطِئِ تُضَيَّفُ وَمَسَاحَاتُ جَدِيدَةٍ إِلَى الْيَابِسَةِ؛ كَذَلِكَ فَإِنَّ أَنْخِفَاضَ مُسْتَوِيَّاتِ الْبَحْرِ يَكْشِفُ أَرْضِيَّ جَدِيدَةً كَانَتْ مَغْمُورَةً بِالْمِيَاهِ فِيمَا مَضَى.



## تكوّن الشواطئ

أنقاض الصخور المنحثة من دُشٍ وكسارة لا تبقى على حالها طويلاً، فالأمواج تعمل على سحقها إلى حصى خصاوية ورمل تُجرّ على طول قعر البحر، وترسب أخيراً في مواقع مُستَدرية نوعاً لتكوّن شاطئاً. حتى على الشواطئ، لا تتوقّف فتات الصخر عن الحركة والتنقل بفعل الأمواج التي تثيرها العواصف؛ كذلك فإنّ الرياح تذرّو الجسيمات الأخفّ منها. ونتيجةً لمثل هذه التحركات المستمرة، فقد يتألّف الشاطئ شتاءً من حصاة خشنّة ويغدو، هو نفسه، رملًا في الصيف. وتقام حالياً أسوار ومراطم خاصةً لوقف هذه العملية أو الحد منها.

تتألّف الشواطئ من رمال وفتات صخرية دائمة التغيّر؛ فالفتات الصخرية تُرسبها الأمواج القويّة، وترسب الرمال في الأوضاع الأهدأ.

تتراكم المواد الشاطئية على المُرطَم (الشور).

تجرّف العواصف الحصاة الصخرية فتُرسبها في سطحية ناتئة بأعلى الشاطئ حيث تظلّ حتى العاصفة التالية.

المراطم أسوار مُثبتة بدعائم تتغرّو قرابة مترين في الأرض؛ وهي تُقام داخل البحر، لمنع الانجراف، على طول الشاطئ.

## الشواطئ المتحركة

الجسيمات الشاطئية دائمة الحركة مع أنجسار الأمواج وأندفاعها، جارقة الحصى والرمل جيئةً وذهاباً؛ وقد تُرسبها في مواقع جديدة على امتداد الشاطئ في عملية الانجراف الشاطئي.

فيورده جيرنجر، بالدروج

جيرلوك، باسكتلندا

جزيرة سيلت، بالمانيا

أوريجون، بالولايات المتحدة

جاليشيا، بإسبانيا

شاطئ في المناطق الخفيضة، بجزيرة سيلت، ألمانيا

## خارطة خطوط الساحل في العالم

شاطئ مرتفع في جيرلوك، باسكتلندا

## خطوط الساحل المتغيرة

لا تبقى خطوط الساحل في العالم دائماً على حالها. فقد تتغيّر جذرياً في وقتٍ قصير نسبياً، بحث الأمواج للبابسة وأنعمار المناطق الساحلية أو أنكشافها بتغيّر مستويات سطح البحر.

تتباطأ الأمواج حول نهاية اللسان الشاطئي مكونةً خنيّة حادة.

لسان شاطئي رملي

الجرّف الشاطئي يحمل الرمل عبر خليج أو مضبّ نهري، ويرسبه كلسان شاطئي.

تجرّف المواد الشاطئية بعيداً عن الجانب المخمي من المُرطَم.

الانجراف الشاطئي هو تحرك الرمال والحصاة الصخرية على امتداد خط الساحل. وهذا يكون خطاً شاطئياً مُشرّشاً (كاسنان المنشار)، يتراكم الرمل على المُرطَم.

## الانجراف الشاطئي

٣. تجرّف الموجة التالية الحصاة مائلةً إلى أعلى الشاطئ مرّةً أخرى. ويتكرّر سقوطها نزولاً مع المياه مُباشرةً في مسار مُتعرّج بموازاة الساحل. وهذا التحرك يُسبّب الانجراف على طول الساحل.

٢. عند تراجع الموجة تتدحرج الحصاة نزولاً مع المياه، مُباشرةً على المنحدر الشاطئي.

١. الموجة التي تضرب الشاطئ بزاوية مُعقّنة، تجرّف الحصاة مائلةً إلى أعلى الشاطئ. يبرز رملي شاطئي في شابهاار مكران، بإيران.

## ألسنة ساحلية رملية

قد يمتدّ لسان شاطئي رملي من اليابسة عبر خليج ما فيشكّل حاجزاً؛ ويُدعى هذا الحاجز برزخاً شاطئياً (تُمبولو) إذا تكوّن بين جزيرة والشاطئ.

## المُستنقعات الملحية

أحياناً تنقل الرياح نطاقات رملية مما تركمه الأمواج فتجعل منها كُثباناً تغزل مساحات من المياه العذبة أو القليلة الملوحة. فتُجمّع هذه المياه لاحقاً وحولاً، وتتحول إلى مُستنقعات ملحية.

## الشاطئ المرتفع

عندما ترتفع أرض أو ينخفض عنها مستوى البحر، يبقى خط الساحل عالياً وجافاً مكوناً شاطئاً مرتفعاً. وكان قد تكوّن العديد من هذه الشواطئ شمالي أوروبا في نهاية العصر الجليدي الأخير؛ فمع ذوبان الجليد أخذت الأرض ترتفع ببطء.

## لمزيد من المعلومات انظر

الصخور والمعادن ص ٢٢١  
التجوية والتحات ص ٢٣٠  
الأمواج والمدّ (الجزر) والتيارات ص ٢٣٥  
الطقس ص ٢٤١

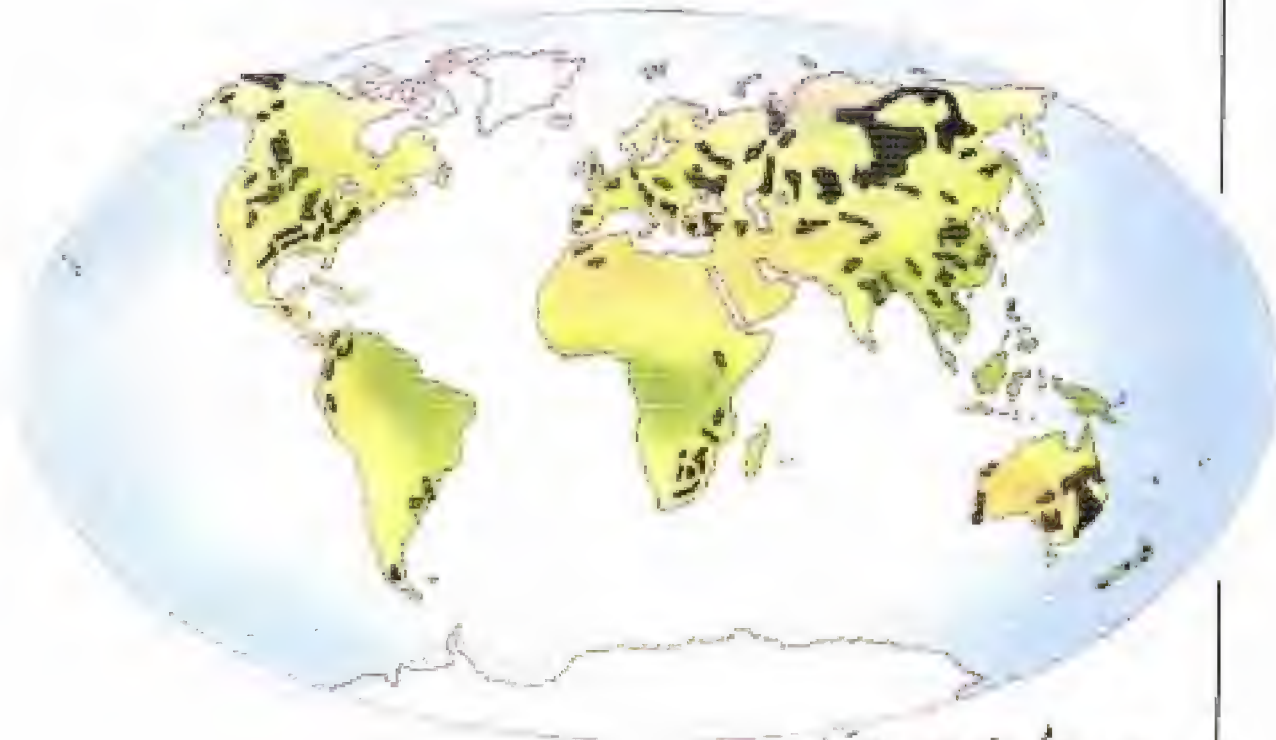


# الفحم

يُخْتَزِنُ الفَحْمُ الحَجَرِيّ طاقَةَ الشَّمْسِ مِنْذُ مِلْيَينِ السَّنِينَ . إِنَّ نُمُوَ النَبَاتَاتِ يَعْتَمِدُ عَلَى الشَّمْسِ ؛ وَإِذَا طُمِرَت هَذِهِ النَبَاتَاتُ مِلْيَينِ السَّنِينَ تَحْتَ الضَّغْطِ وَالْحَرَارَةِ فِي بَاطِنِ الْأَرْضِ فَإِنَّهَا تَتَحَوَّلُ إِلَى فَحْمٍ حَجَرِيّ . وَعِنْدَ إِحْرَاقِ الفَحْمِ ، تُطْلَقُ تِلْكَ الطَّاقَةُ الْمُخْتَزَنَةُ مِنْذُ الْقَدَمِ كطَاقَةِ حَرَارِيَّةٍ .

الكربون هو العنصر الأساسي في الفحم - فالكربون الذي يؤلف حوالي ٥٠٪ من الخشب، يُشكّلُ قرابة ٩٠٪ من الفحم. بدأ معظم الفحم بالتكوّن في العصر الكربوني منذ حوالي ٣٥٠ مليون سنة. فغابات

## توزع الفحم الحجري في العالم



## خارطة مناطق الفحم

معظم الفحم في العالم مصدره الرواسب المتوضعة في العصر الكربوني، حين كان يَبُتُّ الأرض في أوج وفرة. لكن بعض قرارات الفحم المهمة في شمال أوروبا هي أحدث عهدًا بكثير إذ تكوّنت من خشب النَّبْت في بدايات الحقب الثالث منذ حوالي ٤٠ مليون سنة.

## تكوّن الفحم

الفحم صخرٌ رُسُوبِيّ حَيَوِيّ المَنشَأُ تَكَوَّنَ مِنْ بَقَايَا كَانَنَاتِ حَيَّةٍ . فَمِنْذُ مِلْيَينِ السَّنِينَ ، ذَوَبَ الغَابَاتُ وَأَنْطَمَرَتْ فِي الْمُسْتَنْقَعَاتِ قَبْلَ أَنْ يَدْبَ الانْجِلَالُ فِي أَخْشَابِهَا . وَمَعَ التَّحَجُّرِ البَاطِنِ لِيُحَوِّلَ تِلْكَ الْمُسْتَنْقَعَاتِ وَرُؤُوسَهَا ، تَغَيَّرَ تَرَكِيبُ النَّبْتِ الدَّفِينِ . فَخَسِرَتْ مَقَوِّمَاتُهُ ، الْمُؤَلَّفَةُ مِنَ الْكَرْبُونِ وَالْهَيْدْرُوجِينِ وَالْأَكْسِيجِينِ ، مُعْظَمُ مَا فِيهَا مِنَ الْهَيْدْرُوجِينِ وَالْأَكْسِيجِينِ تَارِكَةً قُرَارَةً مُرَكَّزَةً مِنَ الْكَرْبُونِ ، هِيَ الْفَحْمُ .

## تَعْدِينُ الْفَحْمِ

يُسْتَخْرَجُ الْفَحْمُ مِنْ مَنَاجِمِهِ بِالتَّعْدِينِ . فَإِذَا بَرَزَ عِرْقٌ أَوْ طَبَقَةٌ فَحْمِيَّةٌ بِمُسْتَوَى سَطْحِ الْأَرْضِ ، يَقُومُ الْمُعْدِنُونَ بِخَفْرِ نَفْقٍ أَفْقِيّ يُسَمَّى مَنَجِمًا سَرِيًّا . لَكِنْ فِي أَغْلِبِ الْأَحْيَانِ ، تُحْفَرُ الْأَنْفَاقُ عَمُودِيَّةٌ لِلْوُصُولِ إِلَى الْفَحْمِ تَحْتَ الْأَرْضِ فِيمَا يُعْرَفُ بِالْمَنَجِمِ الْبُئْرِيّ . أَمَّا إِذَا تَوَاجَدَ الْفَحْمُ قَرِيبًا مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ ، فَيُعَدَّنُ الْفَحْمُ بِنَزْعِ طَبَقَاتِ الْأُتْرِيَّةِ الَّتِي تُغَطِّيهِ فِي حُفْرَةٍ تَعْدِينِ مَكْشُوفَةٍ (أَوْ سَطْحِيَّةٍ) . لَاحِظْ فِي الصُّورَةِ الْمُقَابِلَةِ أَكْوَامَ الْفَحْمِ الْمُسْتَخْرَجِ فِي أَسْتْرَالِيَا .



## المناجم الخطرة

خِلَالَ الْقَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ ، اعْتَمَدَتِ الثَّورَةُ الصَّنَاعِيَّةُ فِي أَوْرُپَا عَلَى الْفَحْمِ كَمَصْدَرٍ حَيَوِيٍّ لِلطَّاقَةِ . لَكِنْ تَعْدِينُ الْفَحْمِ كَانَتْ عَمَلِيَّةً خَطِرَةً ؛ فَكَانَ عَمَالُ الْمَنَاجِمِ حَتَّى الصِّبْيَانِ وَبَنَاتُهُمْ ، يَعْمَلُونَ فِي ظُرُوفٍ مُرْعِبَةٍ مُرَوَّعةٍ . ثُمَّ اخْتَرَعَ الْعَالِمُ ، هَمْفَرِي دِيفِي ، مِصْبَاحَهُ الْمَشْهُورَ «مِصْبَاحِ دِيفِي» كَنَيْطَلَةٍ أَمَانٍ تَنْذِرُ بِلَوُغِ الْغَازَاتِ دَاخِلَ الْمَنَجِمِ مُسْتَوَى الْخَطَرِ .



مِصْبَاحِ دِيفِي



مَوْقِعُ لَاقِطَاعِ  
الْحُتِّ فِي جُزُرِ  
فُوكْلَانْدِ

تَنْمُوُ الْغَابَاتِ جَيِّدًا فِي  
أَجْوَاءِ الْمُسْتَنْقَعَاتِ

مَالُ هَذِهِ الْأَشْجَارِ بَعْدَ مَوَاتِهَا أَنْ  
تَتَغَطَّى بِمَوَادِّ مُسْتَنْقَعِيَّةٍ ثُمَّ تَنْضَغُطُ  
فِي طَبَقَةٍ تَحْتَ تَرَسُّبَاتٍ تَالِيَةٍ .



الْحُتِّ

## الْحُتِّ

الْحُتُّ مَادَّةٌ لَيْفِيَّةٌ مَرَحِلِيَّةٌ فِي عَمَلِيَّةِ تَكَوُّنِ الْفَحْمِ . فَالْحُتُّ دَائِمٌ التَّكَوُّنُ فِي جَمِيعِ الْمُسْتَنْقَعَاتِ فِي الْعَالَمِ حَالِيًا ، كَمَا سَابِقًا . وَيُسْتَخْدَمُ الْحُتُّ كَوُفُودٍ كَمَا يُضَافُ كَمُحَسِّنٍ غَنِيِّ لِلتُّرْبَةِ الزَّرَاعِيَّةِ .

بَيْنَمَا تَفْقِدُ الْمَوَادُّ  
النَّبَاتِيَّةُ الدَّفِينَةَ  
الْأَكْسِيجِينَ تَنْضَغُطُ  
إِلَى مَادَّةٍ لَيْفِيَّةٍ هِيَ الْحُتُّ .

اللُّجْنِيَّتِ

تُوَاصِلُ الْمَوَادُّ  
الْمُتَرَسِّبَةُ تَكَدُّسُهَا ضَائِغَةً  
الْحُتُّ إِلَى صَخْرٍ . وَمَعَ تَزَايُدِ  
فَقْدِ الْحُتِّ لِلْأَكْسِيجِينِ  
يَتَحَوَّلُ إِلَى فَحْمٍ طَرِيٍّ بُنْيِ  
اللونِ يُدْعَى اللَّجْنِيَّتِ .

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- منتجات الفحم ص ٩٦
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الصخور الرسوبية ص ٢٢٣
- حقائق ومعلومات ص ٤١٤

فَحْمٌ بَنِيُومِينِي



أَخِيرًا يَبْلُغُ  
أَنْضِغَاطُ الْحُتِّ  
الْخَشْبِيّ مِنْ  
الشَّدَّةِ مَا يُحَوِّلُهُ إِلَى فَحْمٍ  
بِرَاقٍ أَسْوَدَ مُتَرَاصٍ هُوَ الْفَحْمُ الْبَنِيُومِينِيّ ،  
أَكْثَرُ أَنْوَاعِ الْفَحْمِ أَسْتَخْدَامًا فِي الصَّنَاعَةِ .



# النَّفْطُ وَالْغَازُ

تُرى ماذا حَدَثَ لِلنباتات والحيوانات البالِغَةِ الصَّعَرِ التي ماتَتْ في البَحْرِ منذُ ملايين السنين؟ العُلَمَاءُ يَعْتَقِدُونَ أَنَّهَا تَحَوَّلَتْ إِلَى نَفْطٍ - هو الْوَقُودُ الذي يُسْتَخْدَمُ الْيَوْمَ في تسيير السَّيَّاراتِ وتشغيل المَصْنَعِ وتصنيع الكثير من الكيماويات المُفيدة. فالْمَادَّةُ الْحَيَوَانِيَّةُ التي تَجْمَعُ في قَاعِ الْبَحْرِ تَنْحَلُّ بِبطءٍ بِفعلِ الْبَكْتِيرِيَا؛ وعَمَلِيَّةُ التَّحَلُّلِ هذه تَطْلُقُ الْمِثَانَ أو الْغَازَ الطَّبِيعِيَّ. وإذا سَخُنَتِ الْمَادَّةُ الْمُتَبَقِّيةُ فَإِنَّهَا تَتَفَكَّكُ إِلَى جُزْئِيَّاتٍ خَفِيفَةٍ تُسَمَّى هَيْدْرُوكَرْبُونَاتٍ تَنْسَرِبُ عَبْرَ الصَّخُورِ مُكَوِّنَةً تَجْمُعَاتٍ نَفْطِيَّةً. ومعَ أَنَّ الْغَازَ الطَّبِيعِيَّ هو نَاتِجٌ ثَانَوِيٌّ هُنَا، فَإِنَّ الْغَازَ الطَّبِيعِيَّ الْمُسْتَخْرَجَ مِنَ الصَّخُورِ، في أُمْكِنَةِ كَبْحَرِ الشَّمَالِ، هو في الْوَاقِعِ نَاتِجٌ مِنْ أَنْحِلَالِ الْفَحْمِ.

تَوَزُّعُ النَّفْطِ وَالْغَازِ الطَّبِيعِيِّ فِي الْعَالَمِ



## خَارِطَةُ مَنَاطِقِ النَّفْطِ

النَّفْطُ الْمُسْتَخْرَجُ مِنْ حُقُولِ النَّفْطِ الرَّئِيسِيَّةِ فِي الْعَالَمِ، مَصْدَرُهُ صَخُورٌ يَعُودُ تَارِيخُهَا إِلَى عَصْرَيْنِ: الْعَصْرِ الْأُرْدُوغِيَّيْنِ الدَّيْفُونِيِّ (منذ ٤٠٠ إلى ٣٥٠ مليون سنة) والعَصْرِ الْجُورَاسِيِّ الْقَبَائِشِيرِيِّ (منذ ٢٠٠ إلى ٦٥ مليون سنة).

## مَكْمَنُ النَّفْطِ

الْمَادَّةُ الْحَيَوَانِيَّةُ الْمُتَجْمَعَةُ فِي الصَّخُورِ تَنْحَلُّ إِلَى قَطْرَاتٍ مِنَ النَّفْطِ تَطْفُو فَوْقَ الْمِيَاهِ الْجَوْقِيَّةِ. وَكَوْنُهَا أَقْلَ كَثَافَةً مِنَ الْمَاءِ، تُتَابِعُ الْقَطْرَاتُ نَفَادَهَا صُعْدًا عَبْرَ مَسَامِ الصَّخْرِ حَتَّى تَبْلُغَ طَبَقَةً صَمَاءً كَثِيمَةً تَحْتِيسُهَا، تُسَمَّى صَخْرَ الْغِطَاءِ، فَتَجْمَعُ هُنَاكَ مُكَوِّنَةً مَكْمَنًا نَفْطِيًّا.

## نَظَرِيَّةٌ بَدِيلَةٌ

بِالرُّغْمِ مِنْ تَوَافُقِ مُعْظَمِ الْعُلَمَاءِ عَلَى أَنَّ النَّفْطَ قَدْ تَكَوَّنَ مِنْ كَائِنَاتٍ حَيَّةٍ، فَإِنَّ هُنَاكَ نَظَرِيَّةً تَقُولُ بِأَنَّهُ تَكَوَّنَ بِالْفِعْلِ مِنْ صَخُورٍ مُتَحَوِّلَةٍ. وَقَدْ يَأْتِي إِثْبَاتُ ذَلِكَ أَوْ دُخْضُهُ مِنْ بَثْرِ يَجْرِي حَقْرِهَا هَالِيًا بِالسُّوَيْدِ فِي صَخُورٍ مُتَحَوِّلَةٍ.

إِخْتِبَارُ الْكُفْرِ فِي بُحِيرَةِ سِيْلْجَانِ، بِالسُّوَيْدِ



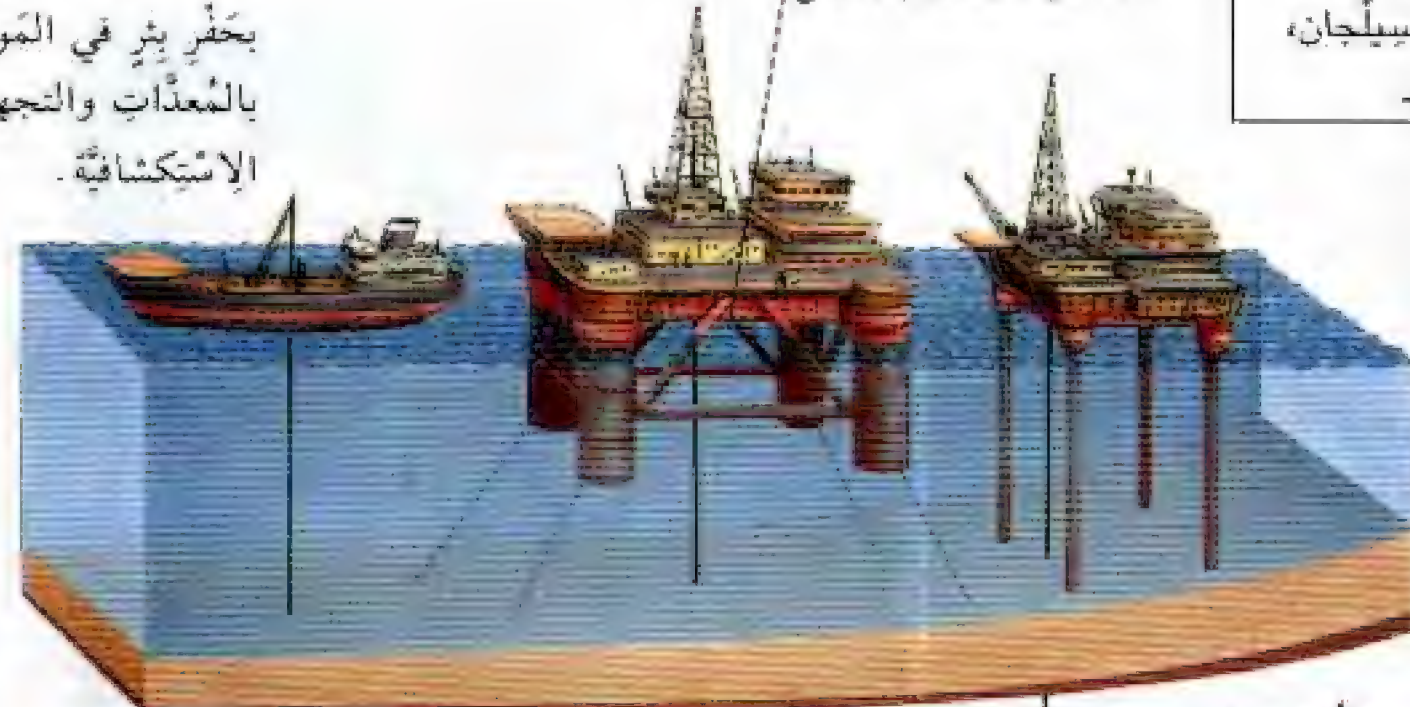
## مِنْصَّةُ الْإِنْتِاجِ

عِنْدَ إِثْبَاتِ وُجُودِ كَمِيَّةٍ مِنَ النَّفْطِ مُجَلِّدِيَّةٍ اِقْتِصَادِيًّا، يُضَارُّ إِلَى اسْتِخْرَاجِهَا بِوَاسِطَةِ مِنْصَّةٍ لِإِنْتِاجِ. وَمِنْ الْمِنْصَّةِ تُحْفَرُ الْبُئْرُ فِي صَخُورِ الْمَكْمَنِ، وَيُضَخُّ النَّفْطُ إِلَى السَّطْحِ حَيْثُ يَجْرِي نَقْلُهُ عَبْرَ الْأَنْبِيَابِ أَوْ النَاقِلَاتِ إِلَى مَعْمَلِ تَكْرِيرٍ (أَوْ مَصْفَاةٍ).

يُسْتَخْدَمُ جِهَازُ حَقْرِ ذُو مِرْفَاعٍ فِي الْمِيَاهِ الضَّخْلَةِ نَوْعًا. وَتَحْمِلُهُ قَوَائِمُ تَمْتَدُّ إِلَى قَاعِ الْبَحْرِ.

فِي الْمِيَاهِ الْأَعْمَقِ يُسْتَخْدَمُ جِهَازٌ ذُو قَوَائِمٍ صَامِدَةٍ لِلشَّدِّ. وَهُوَ يَطْفُو، لَكِنَّهُ مُثَبَّتٌ فِي قَاعِ الْبَحْرِ بِالْأَرَبِطَةِ وَالشَّدَادَاتِ. تُسْتَخْدَمُ الشُّقُورُ لِلْكَفْرِ فِي الْمِيَاهِ الْعَمِيقَةِ جَدًّا. فَيُرَكَّبُ جِهَازُ الْكُفْرِ عَبْرَ ثَقْبٍ فِي هَيْكَلِ السَّفِينَةِ.

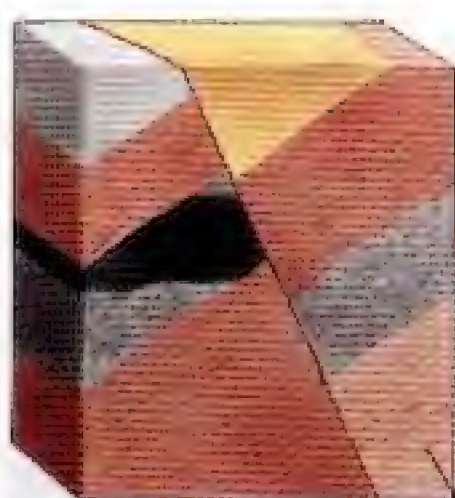
يَطْفُو جِهَازُ النَّفْطِ خَفِيفًا فِي الْمَاءِ كَيْلَا يَتَأَثَّرَ بِالْأَمْوَاجِ.



صَخْرٌ كَثِيمٌ لَا يَنْفُذُ مِنْهُ النَّفْطُ، فَيُخْتَبَسُّ النَّفْطُ تَحْتَهُ.

صَخْرٌ مَسَامِيٌّ يَنْفُذُ مِنْهُ النَّفْطُ.

يَتَجَمَّعُ النَّفْطُ فِي صَخْرِ مَسَامِيٍّ يُخْتَبَسُّ فِيهِ، يُدْعَى مَكْمَنًا. وَيُخْتَبَسُّ النَّفْطُ عَادَةً فِي صَخْرِ كَثِيمٍ لَا يَنْفُذُ مِنْهُ.



يَتَكَوَّنُ الْمَخِيسُ الْمَقْرَدُ عِنْدَمَا يَنْصَدِعُ صَخْرٌ الْمَكْمَنِ قِبَالَةَ صَخْرِ آخَرٍ.

فِي مَخِيسٍ طَبَقِيٍّ، تُطْمَرُ طَبَقَاتُ مُتَغَرِّلَةٍ مِنَ الصَّخْرِ الْمَسَامِيِّ فِي صَخْرِ كَثِيمٍ. فَإِذَا مَالَتْ تِلْكَ الطَّبَقَاتُ يَتَجَمَّعُ النَّفْطُ فِي أَطْرَافِهَا.



## مُعَدَّاتُ الْاسْتِكْشَافِ

تُعَيَّنُ مَكَامِنُ النَّفْطِ الْمُحْتَمَلَةُ بِدِرَاسَةِ سَطْحِ الْأَرْضِ بِطَرِيقَةِ التَّحْسُّسِ الْبُعَادِيِّ. فَتُرْسَلُ أَمْوَاجٌ صَوْتِيَّةٌ إِلَى بَاطِنِ الْأَرْضِ وَتُسَجَّلُ أَنْعِكَاسَاتُهَا وَتُدْرَسُ. لَكِنْ وَجُودُ النَّفْطِ لَا يُمَكِّنُ إِثْبَاتَهُ فِعْلًا إِلَّا بِحَقْرِ بَثْرِ فِي الْمَوْقِعِ. وَيَتِمُّ ذَلِكَ بِالْمُعَدَّاتِ وَالتَّجْهِيزَاتِ الْاسْتِكْشَافِيَّةِ.



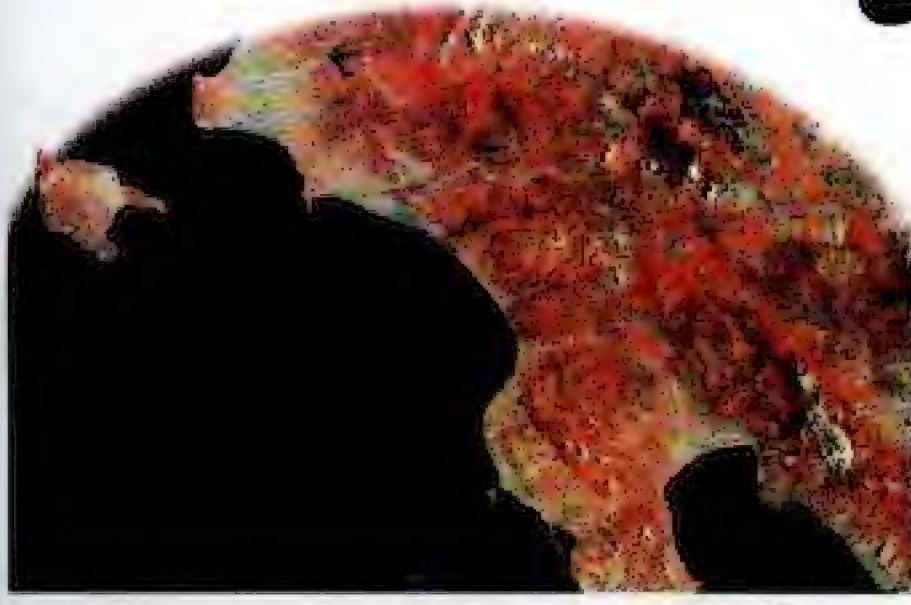
عُمَالُ تَجْهِيزَاتِ الْاسْتِكْشَافِ فِي بَحْرِ الشَّمَالِ

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الكِيمِيَاءُ الْعُضْوِيَّةُ ص ٤١
- صِنَاعَةُ الْكِيمَاوِيَّاتِ ص ٨٢
- مُتَشَجَّاتُ الْغَازِ ص ٩٧
- مُتَشَجَّاتُ النَّفْطِ ص ٩٨
- الْبَحَارُ وَالْمُحِيطَاتُ ص ٢٣٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٤



# رَسْمُ خَرَائِطِ الْأَرْضِ



صورةً سَاتِلِيَّةً لِشِبْهِ جَزِيرَةِ بُولِيْنِيْسُس بِجَنُوبِ الْيُونَانِ

## خَرِيطَةُ سَاتِلِيَّة

إِنَّ تَقْنِيَّاتِ الْفَضَاءِ الْحَدِيثَةِ قَدْ أَحْدَثَتْ أَتْقِلَابًا فِي فُنُونِ الْخَرَائِطِيَّةِ، فَأَصْبَحَتْ الْخَرَائِطُ تُرَسَّمُ مِنَ الصُّوَرِ الْمُنْتَقَطَةِ بِوَسْطَةِ السَّوَاتِلِ، مُبَيِّنَةً شَكْلَ الْأَرْضِ كَمَا يَدُو مِنَ الْفَضَاءِ. وَبِسَبَبِ حَسَاسِيَّةِ السَّوَاتِلِ الْفَائِقَةِ، فَإِنَّهَا تَسْتَطِيعُ التِّقَاطَ تَفَاصِيلَ دَقِيقَةً - كَأَنْوَاعِ الزَّرْعِ فِي مَنَاطِقٍ مُعَيَّنَةٍ مِنَ الْعَالَمِ، وَمُسْتَوِيَّاتِ الْحَرَارَةِ الْمُبْتَدَعَةِ مِنَ الْمَصَانِعِ.

## الْخَرَائِطُ

الْخَرِيطَةُ صُورَةٌ مُصَمَّمةٌ لِتَبْيَانِ الْمَلَامِحِ الطَبِيعِيَّةِ أَوْ الْحُدُودِ السِّيَاسِيَّةِ لِمَنْطِقَةٍ مُعَيَّنَةٍ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ. وَالْخَرَائِطُ عَلَى أَنْوَاعٍ تَبَعًا لِأَغْرَاضِ اسْتِخْدَامِهَا. فَخَرَائِطُ الطَّرِيقِ مَثَلًا، تُرَكِّزُ عَلَى الطَّرِيقِ وَتَفَرُّعَاتِهَا، وَتُمَثِّلُ أَنْوَاعَهَا بِرُمُوزٍ مُخْتَلِفَةٍ. أَمَّا الْخَرَائِطُ السِّيَاسِيَّةُ فَتُرَكِّزُ عَلَى الْحُدُودِ السِّيَاسِيَّةِ وَالتَّقْسِيمَاتِ الرَّسْمِيَّةِ وَالْإِدَارِيَّةِ.



## دَلِيلُ الرُّمُوزِ



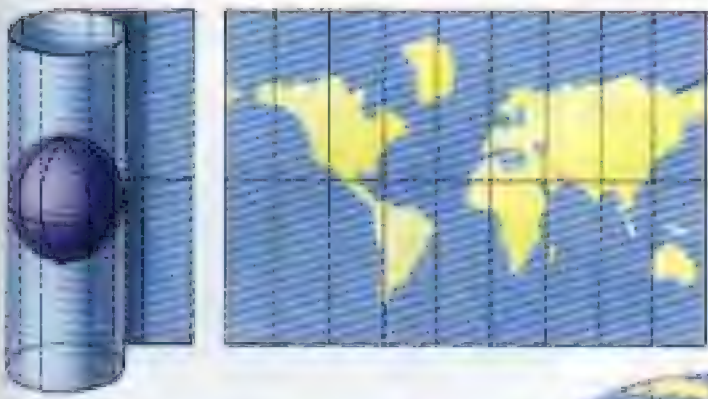
عُثِنَتْ فِي  
النَّمْسَا



## التصوير الجوي

صُورَةٌ جَوِّيَّةٌ مُلْتَقَطَةٌ مِنَ الطَّائِرَةِ تُمَثِّلُ مَنْظَرًا عَامًّا لِمَنْطِقَةٍ. لَكِنَّ هَذِهِ الصُّورَةَ لَا تُبَيِّنُ الرُّمُوزَ الْإِصْطِلَاحِيَّةَ الَّتِي تَجْعَلُ الْخَارِطَةَ صَالِحَةً لِلِاسْتِعْمَالِ، كَالْخَارِطَةِ أَعْلَاهُ.

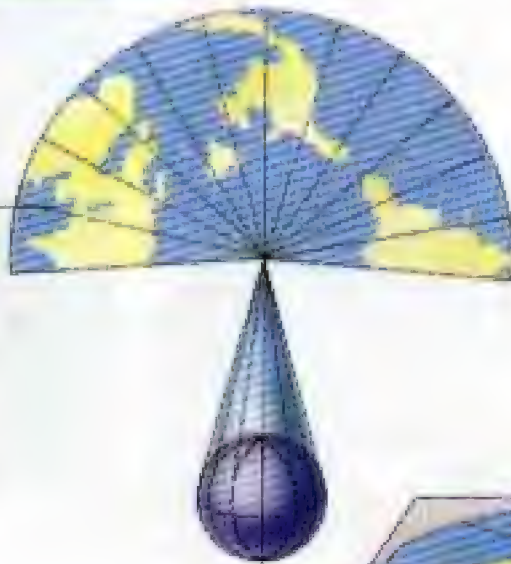
## مَسْقُطُ أَشْطُولَانِي



فِي الْمَسْقُطِ الْأَشْطُولَانِي، يُتَخَيَّلُ لَفُّ الْوَرَقَةِ حَوْلَ الْأَرْضِ، مُلَاسِمَةً خَطَّ الْإِسْتَوَاءِ. فَالْخَارِطَةُ الْمَسْقُطَةُ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ تُبَيِّنُ الشَّمَالَ دَائِمًا فِي أَعْلَى الْخَارِطَةِ، لَكِنَّ الْمِسَاحَاتِ فِيهَا مُشَوَّهَةٌ بِالتَّسْطِيعِ.

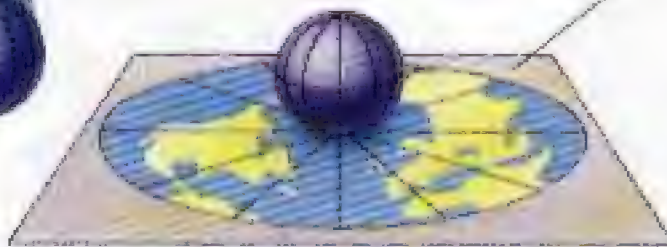
## مَسْقُطُ مَحْزُوطِي

فِي الْمَسْقُطِ الْمَحْزُوطِي تُشَكَّلُ الْوَرَقَةُ الشَّخْلِيَّةُ مَحْزُوطًا مُلَاسِمًا الْأَرْضَ عَلَى أَمْدَادِ خَطِّ غَرْضٍ مُعَيَّنٍ. إِنَّ الْخَارِطَةَ الْمُرْسُومَةَ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ فِي الْأَقْلُ تُشَوِّيهَا فِي الْمِسَاحَاتِ.



فِي الْمَسْقُطِ الشَّخْلِي، ثَلَاثُ نَقْطَةٍ وَاحِدَةٍ. وَإِذَا كَانَتْ تِلْكَ النُّقْطَةُ الْقُطْبُ، فَخُطُوطُ الطُّولِ عِنْدَئِذٍ تَظْهَرُ بِزَوَايَاهَا الصَّحِيحَةِ.

## مَسْقُطُ سَمْتِي



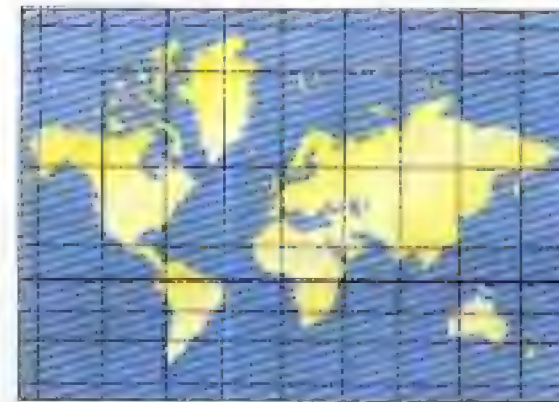
## خَارِطَةُ بِيْتَرَز

صُمِّمَ هَذِهِ الْخَارِطَةُ أَرْثُوسُ بِيْتَرَزُ عَامَ ١٩٧٧؛ وَهِيَ تُبَيِّنُ الْقِيَاسَاتِ الْحَقِيقِيَّةَ لِلْقَارَاتِ. لَكِنَّ حَتَّى يَتَوَصَّلَ بِيْتَرَزُ إِلَى تَحْقِيقِ ذَلِكَ، كَانَ لَا بُدَّ مِنْ مَقْدَرِ أَشْكَالِ الْقَارَاتِ.

## مِرْكَاتُور

الْمَسْقُطُ الْمِرْكَاتُورِي، الَّذِي نُشِرَ لِلْمَرَّةِ الْأُولَى عَامَ ١٥٦٩، أَسَاسُهُ الْمَسْقُطُ الْأَشْطُولَانِي. وَلَمَّا كَانَتْ الْإِتْجَاهَاتُ فِيهِ غَيْرَ مُشَوَّهَةٍ، فَإِنَّ هَذَا الْمَسْقُطَ مُفِيدٌ فِي الْمَلَاحَةِ وَخَرَائِطِ الْأَرْضَادِ الْجَوِّيَّةِ - حَيْثُ اتَّجَاهَاتُ الرِّيحِ بِالْغَاةِ الْأَهْمِيَّةِ. لَكِنَّ تَشَوُّهُ الْمِسَاحَاتِ كَبِيرٌ جَدًّا فِيهِ، حَتَّى إِنَّ جَرِينْلَنْدَ تَبْدُو بِحَجْمٍ إِفْرِيقِيٍّ أَوْ أَكْبَرَ قَلِيلًا، بَيْنَمَا تُسَاوِي هِيَ فِي الْوَاقِعِ حَوَالِي ١/٢ مِنْ مِسَاحَةِ إِفْرِيقِيَّةِ.

## مَسْقُطُ مِرْكَاتُور



عَالِمُ الْجُغْرَافِيَّةِ، الْبَلْجِيكِي  
جِيرَارْدُوسُ مِرْكَاتُور، الْمُولُودُ  
جِيرَهَاُزْدُ كَرِيمِر (١٥١٢-١٥٩٤).

## مَسَاقِطُ الرَّسْمِ

لِكَيْ نَعْرَضَ سُطُوحَ الْأَرْضِ الْمُقَوَّسَةِ عَلَى وَرَقَةٍ مُسَطَّحَةٍ بِدَقَّةٍ، نَسْتَخْدِمُ تَقْنِيَةَ الْإِسْقَاطِ. تَحْيَلُ أَنَّ الْأَرْضَ شَفَافَةً وَأَنَّ فِي مَرْكَزِهَا ضَوْءًا يُلْقِي ظِلَالًا لِمَعَالِمِ سَطْحِ الْأَرْضِ عَلَى وَرَقَةٍ مُوضَّعَةٍ قَرِيبَهَا. فَالظِّلُ السَاقِطُ عَلَى الْوَرَقَةِ هُوَ أَسَاسُ تِلْكَ الْخَارِطَةِ.



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- التَّلْسُكُوبَاتُ الْأَرْضِيَّةُ ص ٢٩٧
- تِلْسُكُوبَاتُ الْفَضَاءِ ص ٢٩٨
- السَّوَاتِلُ (الْأَقْمَارُ الصَّاعِدَاتُ) ص ٣٠٠
- السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ ص ٣٠١
- الْمَحْطَّاتُ الْفَضَائِيَّةُ ص ٣٠٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٤



# الطقس

حياة الناس جميعًا تتأثر بالطقس - ماذا يأكلون ويَشربون، وماذا يلبسون وكيف يتصرّفون وما أنواع بيئاتهم وأشكال منازلهم. حتى طبيعة الأرض تتأثر وتشكّل بعوامل الطقس؛ فالريّح والمطر والثلج والجليد كلّها عوامل تحت الصخور والجبال. الطقس جزء من عالمنا - إنه حالة الهواء في أيّ مكان وزمان؛ وقد يكون حارًا أو باردًا، عاصفًا أو ساكنًا، رطبًا أو جافًا. في بعض المناطق يتغيّر الطقس بين يومٍ وآخر؛ وفي مناطق أخرى قلّمًا يتغيّر على مدار العام. وجُملة أحوال الطقس لمنطقة بين عامٍ وآخر تُسمّى المناخ. ويعتمد المناخ أساسًا على بُعد الموقع شمالًا أو جنوبًا عن خط الاستواء وبالتالي على كمية الطاقة الشمسية التي يتلقاها.

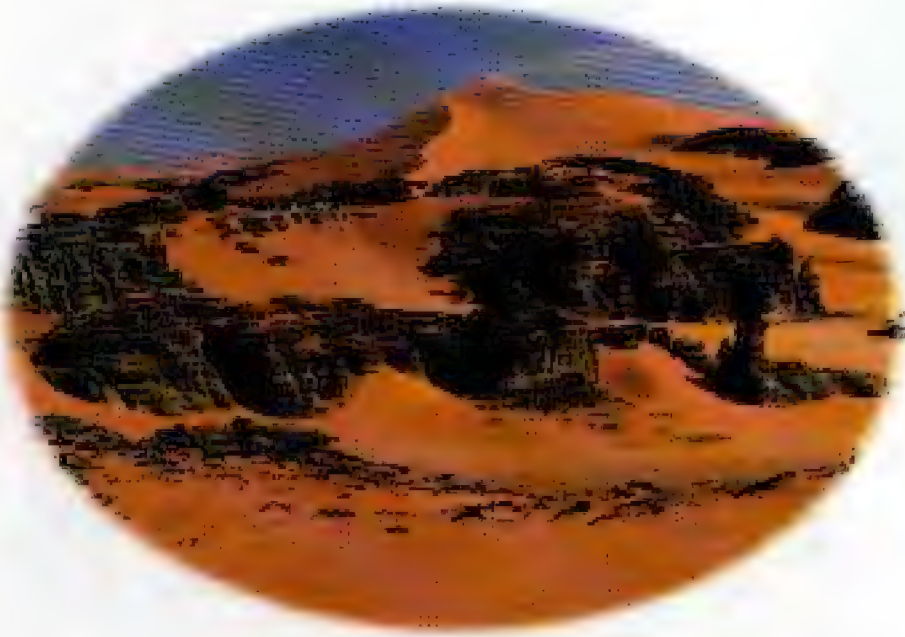


**المطر**  
سُكّان المناطق المطيرة يعرفون أنّ الجوّ المُلبّد بالسحب الرمادية السوداء يُبشّر بالمطر. فالسحب المُزنية كثيفة تعبّ بالمطر بحيث تضدّ أشعة الشمس. وكلّما ازدادت الغيوم كثافة وسوادًا ازدادت كمية الأمطار المُحتَمَل سُقوطها.



سحب كثيفة  
مُلبّدة فوق آسيا

سحب دوامية في  
مُنخفض ضغطي



## المناطق المشمسة

المناطق ذات الطقس الأكثر حرارة في العالم هي الصحارى الجافة البعيدة قليلًا عن خط الاستواء - حيث الأجواء تجلّو من السحب الدائمة التي تحجب سفع الشمس. فالأجواء في الصحراء الكبرى في إفريقيا صافية لا غيم فيها طوال أيام السنة تقريبًا.

سحب ومطر  
فوق المناطق  
المدارية

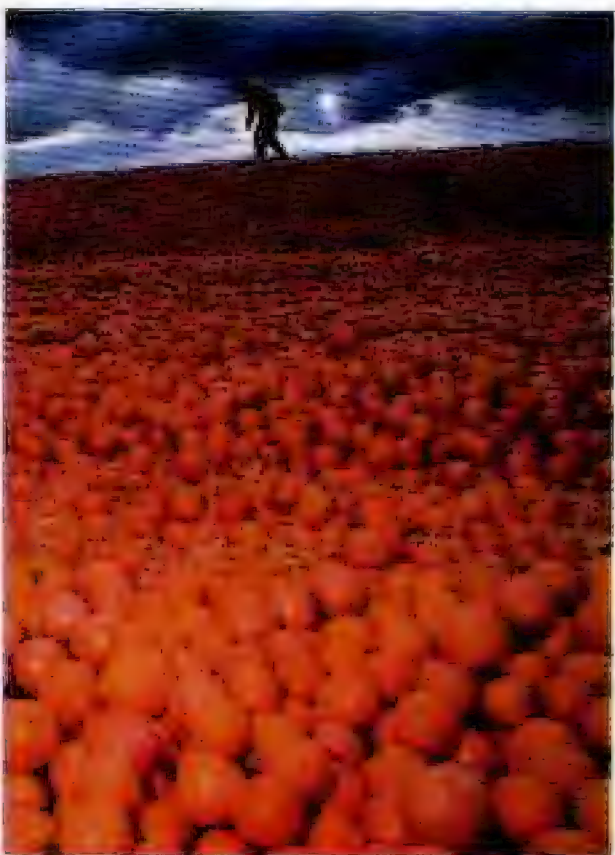
أجواء صافية  
فوق الصحراء  
الكبرى

أجواء صافية فوق  
القارة القطبية الجنوبية

## تلف المحاصيل

هبوب الرياح العاتية وسقوط الأمطار الغزيرة وأنهمار البرد أنباء سيئة للمزارعين لأنها تُتلف مَزروعاتهم ومحاصيلهم. لذا يُحاول المُتنبئون بأحوال الطقس تحذير المزارعين من الطقس السيئ كي يتخذوا ما يُمكنهم من الاحتياطات. هذه الأكوام الضخمة من البرّيقال في كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، تُلقت بسوء الأحوال الجوية، فعادت لا تصلح للبيع.

**إله الشمس**  
كثير من أهل الحضارات القديمة عبدوا آلهة خاصة لاعتقادهم أنّها المسؤولة عن أحوال الطقس. فعشائر الأزتك في المكسيك عبدوا إله الشمس ثوناتونخ ظمعا في نور شمسِه لإنضاج محاصيلهم. فبدون ما يكفي من هذا الضياء كانت تتناقص محاصيلهم وتحبّق بهم المجاعة. فثوناتونخ، وما يُمثله، كان مهمًا جدًا لهنود الأزتك حتى إنهم شيدوا له المعابد وقدموا له القرابين البشرية لبشدة جرسهم على أسيرضائه.





# شع الشمس

يُقدّر العلماء أنه لو تحاطب الشمس بغلاف من الجليد سمكه ١,٥ كم، فحرارتها المشعة ستصهر الجليد كله في ساعتين ويضع دقائق. ومصدر هذه الطاقة الحرارية هو التفاعلات النووية في باطن الشمس. وتبلغ درجة الحرارة على سطح الشمس حوالي ٦٠٠٠°س؛ وهي تُشع طاقتها في جميع الاتجاهات؛ ويعتمد طقسنا ومناخنا على هذه الطاقة. الشمس هائلة الحجم، إذ يمكنها استيعاب مليون كوكب بحجم الأرض في داخلها؛ وهي تبدو لنا صغيرة لأنها تبعد عن الأرض ١٥٠ مليون كم. ورغم هذا البعد فنور الشمس باهر جدًا بحيث يجب عدم النظر إليها مباشرة؛ لأن ذلك يؤدي العينين.

## دورة الجفاف

يعتقد بعض العلماء أن البقع الشمسية تؤثر في الطقس. ففي بعض أنحاء العالم، تكرر شح الأمطار دوريًا كل ٢٢ سنة تقريبًا (أي فترة دورتين متتاليتين للبقع الشمسية) مسببًا جفافًا وفحطًا شديدين. وقد أصاب ذلك أمريكا الشمالية في الثلاثينيات وفي الخمسينيات وفي السبعينيات من القرن العشرين. وإذا صحت نظرية البقع الشمسية فيتوقع تكرار هذا الشح أواخر التسعينيات من هذا القرن. ومعلوم أنه بانجاس الأمطار تنضب الأنهار وقد تجف.

## إدوارد موندر

دهش عالم الفلك البريطاني،

إدوارد موندر (١٨٥١-١٩٢٨)،

عندما وجد أن

السجلات المؤرخة لنشاط

الشمس تبين أنعدام البقع

الشمسية في الفترة بين عامي

١٦٤٥ و ١٧١٥، المعروفة الآن

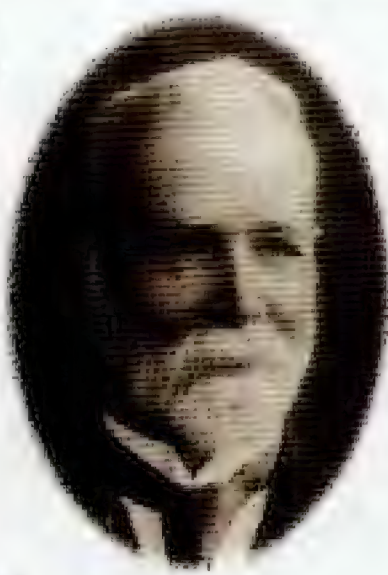
بأدنى موندر. وفي الفترة نفسها،

كان البرد في أوروبا من الشدة بحيث عرفت تلك الفترة

«بالعصر الجليدي الصغير». وقد تزوج موندر من

مساعدته آني ريسل وعملًا معًا؛ فكانت إحدى أولى

عالمات الفلك في العالم. وكان يجهدا الخاص



فضل في شهرتها.

## عوامل التحكم في الطقس

أحوال الطقس تحكمها حرارة الشمس التي تبقي الهواء في حركة دائمة. فعندما يسخن سطح الأرض، يسخن الهواء الذي يلامسه فيرتفع، ويحل محله هواء بارد؛ وهذا يثير الرياح. كذلك فإن حرارة الشمس تبخر الماء من البحار فتتكون السحب وهذه تسقط رطوبتها مطرًا عندما تبرد.



قطر الشمس

١٠٨ أضعاف

قطر الأرض؛ لكن

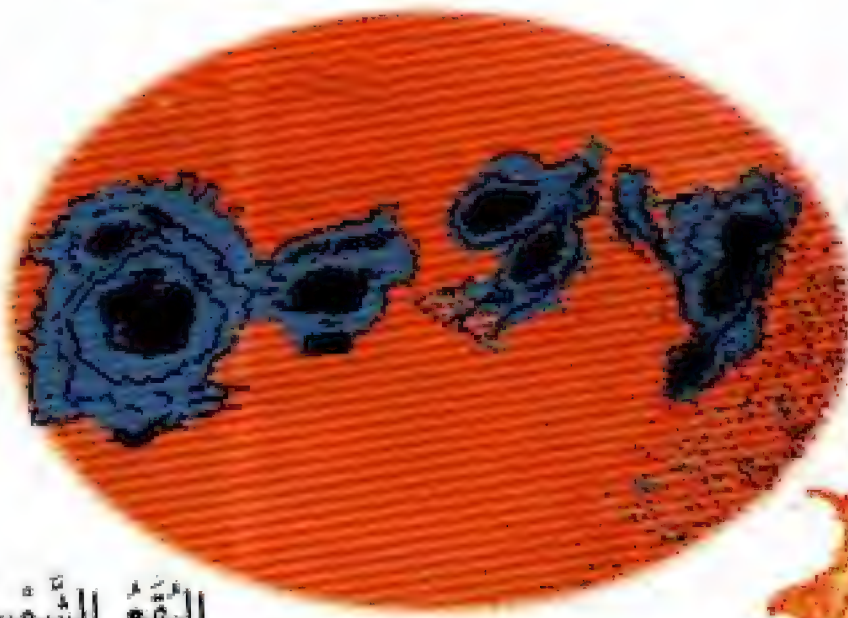
الأرض كرة صخرية

جامدة فيما الشمس كرة

غازية حارة.

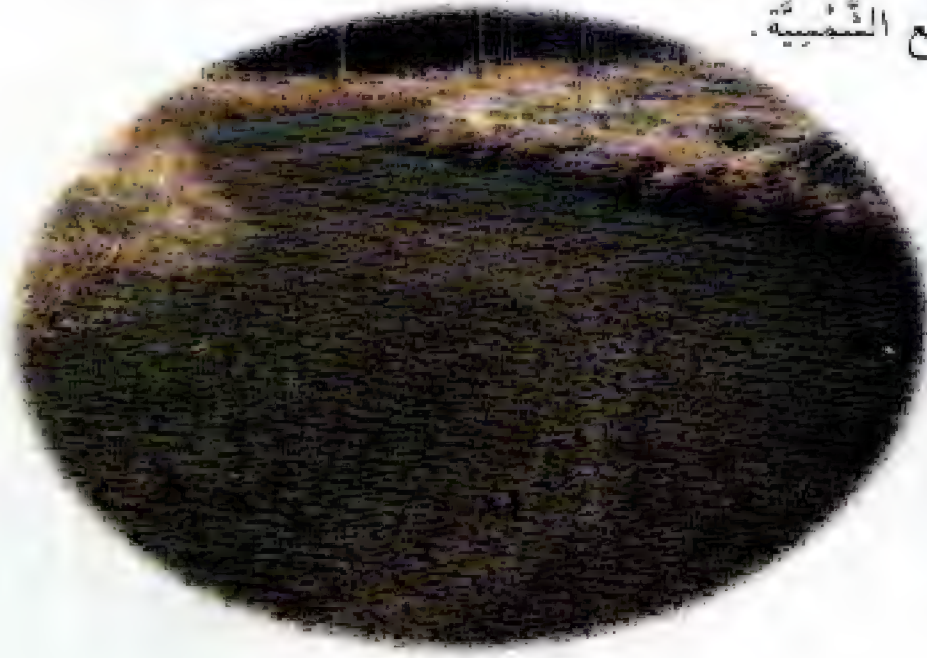
## تركيب شع الشمس

يمكن تركيز قدرة أشعة الشمس بواسطة عدسة مكبرة عادية تحرق ثوبًا في قطعة من الورق. (الأحداث لا يحاولون ذلك دون إشراف الراشدين). وفي الأقطار الجافة الحارة، تُستخدم مرايا مقوسة خاصة لتركيز أشعة الشمس لإحماء «الوح تسخين» يستعمل موقدًا للطبخ.



## البقع الشمسية

نشاهد أحيانًا بقع داكنة على سطح الشمس تقل درجة حرارتها عن باقي سطح الشمس المضيء، فتبلغ حوالي ٤٠٠٠°س. توجد في هذه البقع مجالات مغناطيسية؛ ويتباين عددها، زيادة ونقصانًا، في فترات دورية كل ١١ سنة. الصورة أعلاه التقطت في ١ أيلول (سبتمبر) عام ١٩٨٩، قبل بضعة أشهر من النشاط الأقصى للبقع الشمسية.



## لمزيد من المعلومات انظر

المناخات المتغيرة ص ٢٤٦

الرياح ص ٢٥٤

تكون السحب ص ٢٦٢

المطر ص ٢٦٤

الشمس ص ٢٨٤

الأرض ص ٢٨٧



# الفصول

تَدَوُّمُ الأرضِ حَوْلَ مِحْوَرِهَا (كالخُذْرُوف) فيما هي تَدَوُّرٌ حَوْلَ الشَّمْسِ فِي مَدَارٍ بَيْضِيّ الشَّكْلِ، مُتَمِّمَةُ الدَّوْرَةِ الْكَامِلَةِ فِي ٣٦٥,٢٦ يَوْمًا. وَيَمِيلُ مِحْوَرُ الأرضِ عَلَى مُسْتَوَى الْفَلَكَ ٢٣,٥°، بِحَيْثُ إِنَّ هَذَا الْمَيْلَ يَكُونُ نَحْوَ الشَّمْسِ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الشَّمَالِي عِنْدَمَا الأرضُ فِي جَانِبٍ مِنَ الشَّمْسِ، وَبَعْدَ سِتَّةِ أَشْهُرٍ، حِينَ الأرضُ فِي الْجَانِبِ الْآخَرِ مِنَ الشَّمْسِ، يُصْبِحُ الْمَيْلُ نَحْوَ نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيّ. فَبِالنَّصْفِ الْمَائِلِ نَحْوَ الشَّمْسِ تَرْتَفِعُ الشَّمْسُ عَالِيًا فِي كَبِدِ السَّمَاءِ وَتَكُونُ الْأَيَّامُ طَوِيلَةً (بِنَهْرِهَا) وَالطَّقْسُ حَارًّا، وَالْفَصْلُ صَيْفًا. بَيْنَمَا فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْمُقَابِلِ، الْحَائِدِ عَنِ الشَّمْسِ، يَكُونُ ارْتِفَاعُ الشَّمْسِ أَخْفَضَ فِي تَكْبِيدِهَا السَّمَاءِ، وَالْأَيَّامُ أَقْصَرَ وَأَبْرَدَ، وَالْفَصْلُ شِتَاءً.



## شَمْسُ مُتَنَصِّفِ اللَّيْلِ

فِي الْمَنَاطِقِ الْقَرِيبَةِ مِنَ الْقُطْبِ الشَّمَالِي لَا تَغِيبُ الشَّمْسُ خِلَالِ فَصْلِ الصَّيْفِ عَلَى مَدَى عِدَّةِ أَشْهُرٍ. فَبِإِلْدَانِ، كَنُيْلَنْدَا، يَكُونُ نَهَارٌ لِمُدَّةِ ٢٤ سَاعَةً، وَذَلِكَ بِسَبَبِ مَيْلَانِ مِحْوَرِ الأرضِ. وَتُسَمَّى هَذِهِ مَنَاطِقُ شَمْسٍ مُتَنَصِّفِ اللَّيْلِ. وَبَيْنَمَا يَكُونُ فِي الْقُطْبِ الشَّمَالِي نَهَارٌ دَائِمٌ، يَكُونُ لَيْلٌ دَائِمٌ فِي الْقُطْبِ الْجَنُوبِيّ أَوْ أَمِيطُ الشِّتَاءِ حَيْثُ لَا تَطْلُعُ الشَّمْسُ مُطْلَقًا. وَتَتَعَكَّسُ الْحَالُ فِي السِّتَةِ الْأَشْهُرِ التَّالِيَةِ.

## الأرضُ تَدَوُّمٌ مَائِلَةٌ

تَدَوُّمُ الأرضِ حَوْلَ مِحْوَرِهَا (وَهُوَ خَطُّ وَهْمِيٍّ غَيْرِ قُطْبِيٍّ الشَّمَالِي وَالْجَنُوبِيّ). وَهَذَا الْمِحْوَرُ لَيْسَ عَمُودِيًّا عَلَى مُسْتَوَى مَدَارِ الأرضِ حَوْلَ الشَّمْسِ، بَلْ يَمِيلُ عَنْهُ كَمَا أَسْلَفْنَا بِـ ٢٣,٥°. وَهَكَذَا فَإِنَّ أَحَدَ نِصْفِي الْكُرَةِ الْأَرْضِيَّةِ يَتَلَقَّى إِشْعَاعَ الشَّمْسِ أَكْثَرَ مِنَ النِّصْفِ الْآخَرِ، وَبِالتَّالِيِ حَرَارَةٌ أَكْثَرَ تَبَعًا لِذَلِكَ الْوَقْتِ مِنَ السَّنَةِ. وَهَذَا التَّغْيِيرُ فِي دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ يُسَبِّبُ الْفُصُولَ.

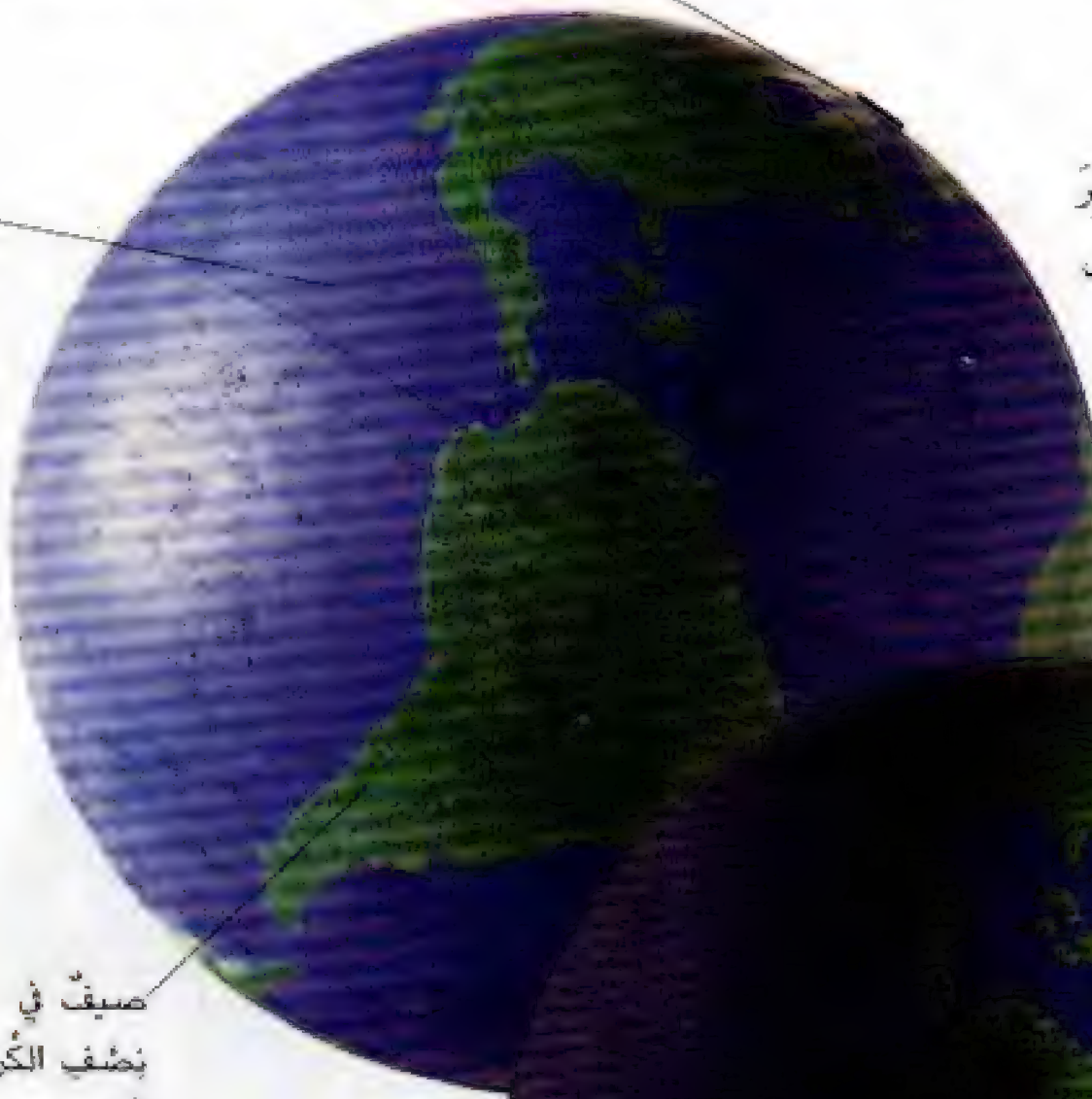
فِي الْقُطْبَيْنِ فَضْلَانِ فَقَطْ: شِتَاءٌ عَلَى مَدَى سِتَّةِ أَشْهُرٍ، وَصَيْفٌ لِمُدَّةٍ مُمَازِلَةٍ.

## عِيدُ

### مِيلَادِ مُتَلَجٍ

الْخَامِسُ وَالْعِشْرُونَ مِنْ كَانُونِ الْأَوَّلِ (دَيْسَمْبَر) يَكُونُ شِتَاءٌ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الشَّمَالِي؛ فَتَنْخَفِضُ الْحَرَارَةُ، وَتُتَلَجُّ السَّمَاءُ وَالْأَرْضُ عَادَةً فِي بِلَادِ كَالْتَرُوجِ وَكَنْدَا، وَيَعْمَدُ النَّاسُ إِلَى ارْتِدَاءِ الْمَلَابِيسِ الدَّفِئَةِ خَارِجَ مَنَازِلِهِمْ.

يَمِيلُ نِصْفُ الْكُرَةِ الشَّمَالِي عَنْ الشَّمْسِ، فَيَكُونُ شِتَاءً.



صَيْفٌ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيّ

يَمِيلُ نِصْفُ الْكُرَةِ الشَّمَالِي نَحْوَ الشَّمْسِ، فَيَكُونُ صَيْفًا.

الْمَنَاطِقُ الْقَرِيبَةُ مِنَ خَطِّ الاسْتِوَاءِ تَتَلَقَّى ذَوْمًا كَامِلًا حَرَارَةِ الشَّمْسِ نَهَارًا.

شِتَاءٌ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيّ.

الْمَنَاطِقُ بَيْنَ الْقُطْبَيْنِ وَالْمَنَاطِقِ الْاِسْتِوَائِيَّةِ الْمَدَارِيَّةِ تَتَغَيَّرُ تَدْرِيجِيًّا مِنْ الرَّبِيعِ إِلَى الصَّيْفِ إِلَى الْخَرِيفِ إِلَى الشِّتَاءِ.

## عِيدُ مِيلَادِ حَارٍّ

عِيدُ الْمِيلَادِ (٢٥ كَانُونِ الْأَوَّلِ) يَوْمٌ مِنَ الصَّيْفِ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيّ. فَبِإِلْدَانِ كَاسْتْرَالِيَا، يَكُونُ الطَّقْسُ مُرَاتِيًا لِلْاِسْتِيرَادِ عَلَى شَاطِئِ الْبَحْرِ.

## تَبَايُنُ الظَّلَالِ مَوْسِمِيًّا

عَبْدٌ بَعْضُ أَهْلِ الْحَضَارَاتِ الْقَدِيمَةِ الشَّمْسِ، وَعَرَفُوا تَغْيِيرَاتِ مَسَارِهَا. هَذَا الْحَجَرُ فِي مَدِينَةِ إِنْكَا مِنْ مَاتَشُو يَنْشُو، بِالْهِيرو هُوَ الْإِنْشِيهُوتَانَا - أَوْ نُصَبُ إِنْشِي، إِلَهَ الشَّمْسِ. وَقَدْ لَحَظَ الْإِنْكِيُونُ تَغْيِيرَاتِ طَوْلِ ظِلِّ هَذَا الْحَجَرِ عِنْدَ الظُّهْرِ خِلَالَ السَّنَةِ.

فِي مُتَنَصِّفِ الشِّتَاءِ عِنْدَمَا يَكُونُ نِصْفُ الْكُرَةِ فِي أَقْصَى بُعْدِهِ عَنِ الشَّمْسِ، يَكُونُ ظِلَّامٌ فِي الْقُطْبِ طَوَالَ الْيَوْمِ.

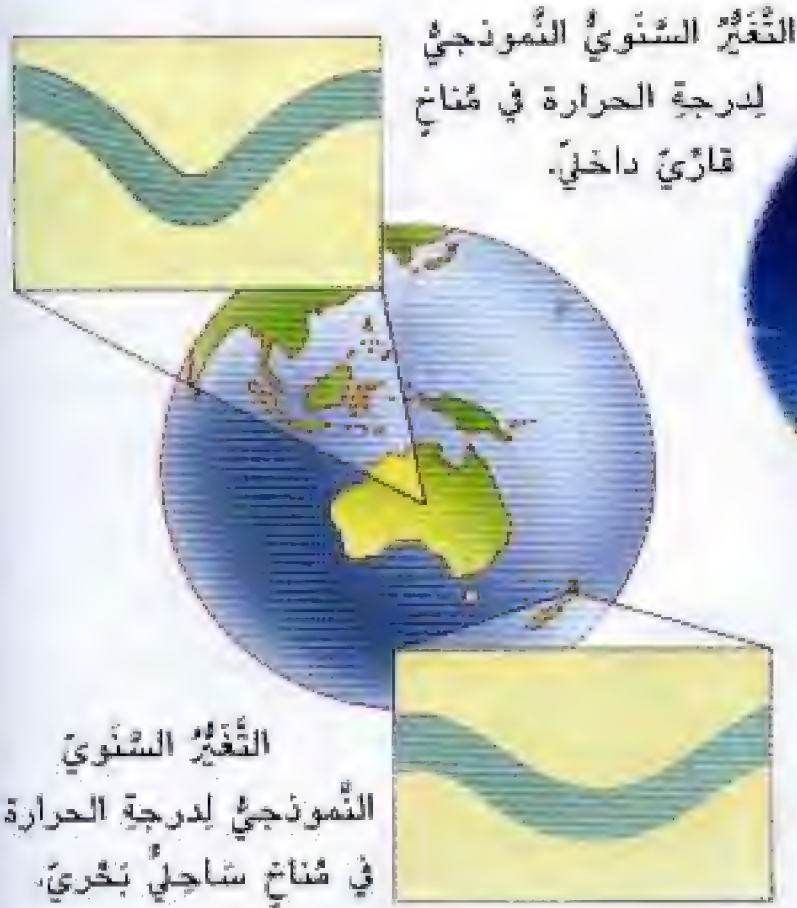
## لِزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- تَكُونُ الأرضُ ص ٢١٠
- شُعُ الشَّمْسِ ص ٢٤٢
- التَّلَجُ ص ٢٦٦
- النَّظَامُ الشَّمْسِي ص ٢٨٣
- مَنَاطِقُ الْقُطْبَيْنِ وَالتَّنَدُرَا ص ٣٨٢



# المناخ

يَعْتَمِدُ مَنَاحُ مِنطَقَةٍ مَّا عَلَى مَوْقِعِهَا عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ. فَمَنَاحُ  
المِنَاطِقِ الْقَرِيبَةِ مِنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ حَارٌّ لِأَنَّهَا تَتَلَقَّى شَعْنَ الشَّمْسِ  
مِنْ فَوْقِهَا مُتَعَامِدًا تَقْرِيبًا؛ بَيْنَمَا الْمَنَاحُ  
بَعِيدًا عَنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ يَكُونُ بَارِدًا  
دَوْمًا. لَكِنَّ الْمَنَاحَ لَا يَعْتَمِدُ فَقْطَ عَلَى  
بُعْدِ الْمَكَانِ عَنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ؛  
فَتِيَّارَاتُ الْمُحِيطَاتِ تَحْمِلُ الدَّفْءَ  
حَوْلَ الْعَالَمِ وَتُؤَثِّرُ فِي مَنَاحَاتِ  
الْيَابِسَةِ. كَذَلِكَ يَتَأَثَّرُ مَنَاحُ الْمَكَانِ بِبُعْدِهِ عَنِ الْبَحْرِ،  
وَبِارْتِفَاعِهِ عَنْ سَطْحِ الْبَحْرِ؛ فَكُلَّمَا ارْتَفَعَ الْمَكَانُ كَانَ  
مَنَاحُهُ أْبَرَدَ عَلَى الْأَرْجَحِ. وَتُصَنَّفُ الْمَنَاحَاتُ إِلَى ثَمَانِيَةِ  
أَنْوَاعٍ رَئِيسِيَّةٍ مَعَ اخْتِلَافَاتٍ بَسِيطَةٍ ضِمْنَ كُلِّ نَوْعٍ.



## المنطقة المعتدلة

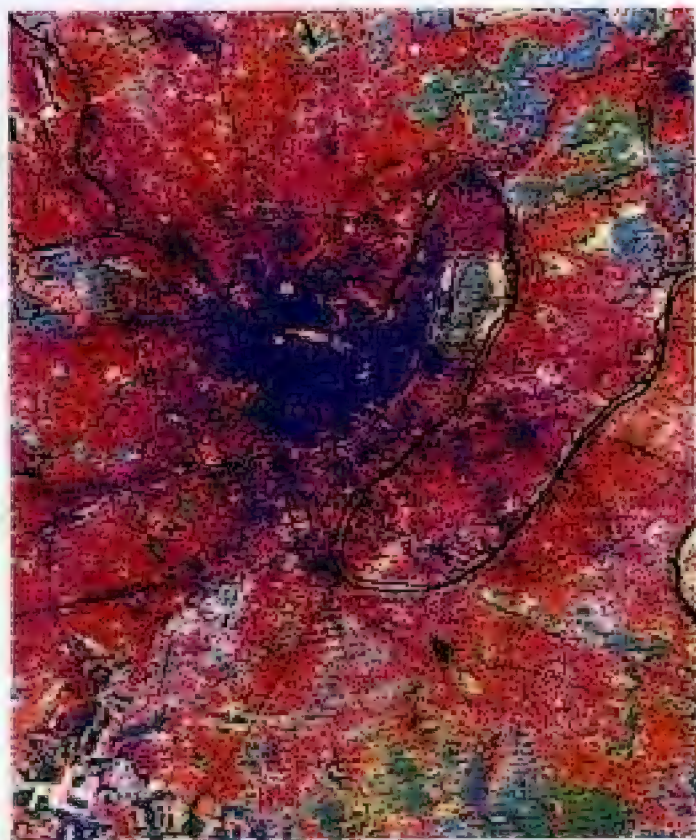
فِي الْمَنَاطِقِ الْمُعْتَدَلَةِ الْمَنَاحُ قَدْ يَسْقُطُ الْمَطَرُ فِي أَيِّ وَقْتٍ مِنَ السَّنَةِ.  
فَصَيْفُهَا عَادَةً لَيْسَ حَارًّا جَدًّا، وَشِتَاؤها لَيْسَ بَارِدًا جَدًّا؛ لَكِنَّهَا قَدْ  
تُعَانِي مِنْ فِتْرَاتٍ حَرٍّ قَصِيرَةٍ فِي الصَّيْفِ وَتَوْبَاتٍ مِنْ تَسَاقُطِ التَّلْجِ  
شَدِيدًا فِي الشِّتَاءِ. تَقَعُ سُهوبٌ وَابُومَيْغٌ، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ،  
وَمُعْظَمُ حَوَاضِ الْبَحْرِ الْأَبْيَضِ الْمَتَوَسِّطِ فِي الْمَنَاطِقِ الْمُعْتَدَلَةِ.

## المناطق الساحلية

الْبُلْدَانُ الْمُحَاطَةُ بِالْبَحْرِ وَالصَّغِيرَةُ الْكُتْلَةُ الْأَرْضِيَّةُ نَسِيًّا، كَبْرِيَطَانِيَا وَنِيوزِيلَنْدَا، لَا مَكَانَ  
فِيهَا بَعِيدٌ جَدًّا عَنِ الْبَحْرِ، وَتَنَعُمُ بِمَنَاحٍ مُطَرِّدٍ الْإِعْتِدَالِ صَيْفًا وَشِتَاءً؛ وَيُعْرَفُ مَنَاحُهَا  
بِالْمَنَاحِ الْبَحْرِيِّ. وَفِي هَذَا الْمَنَاحِ لَا تَحْدُثُ تَغْيِيرَاتٌ كَبِيرَةٌ فِي دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ لِأَنَّ الْبَحْرَ  
لَا يَسْكُنُ وَلَا يَبْرُدُ بِسُرْعَةٍ كَالْيَابِسَةِ، فَهُوَ يَمْتَصُّ الْحَرَارَةَ صَيْفًا وَيُطْلِقُهَا شِتَاءً.

## مناخ صغري

الْمَسَاحَاتُ الصَّغِيرَةُ قَدْ تَخْتَصُّ  
بِمَنَاحٍ مُعَيَّنٍ يُسَمَّى مَنَاحًا  
صُغْرِيًّا. فَمُعْظَمُ الْمُدُنِ مُغَطَّاءَةٌ  
بِكُتْلَةِ هَوَائِيَّةٍ دَافِيَةٍ تُدْعَى «جَزِيرَةِ  
حَرَارِيَّةٍ» أَسْحَنَ بِحَوْلِي ٦°س  
مِنَ الْهَوَاءِ خَارِجَ الْمَدِينَةِ. هَذِهِ  
صُورَةٌ تَنْقُطُهَا سَائِلُ فُضَائِيٍّ  
خَاصٌّ لِمَدِينَةِ بَارِيْسَ، بِفَرَنْسَا،  
تُبَيِّنُ الْمَسَاحَاتِ الْأَكْثَرَ حَرَارَةً  
بِالْأَزْرَقِ وَالْمَنَاطِقَ الْأَبْرَدَ  
بِالْأَخْضَرِ.



الْمَنَاطِقُ ذَاتُ الْمَنَاحِ الْمُعْتَدَلِ  
الدَّافِئِ، شِتَاؤها رَطْبٌ  
لَطِيفٌ وَصَيْفُهَا جَافٌ حَارٌّ.

مَنَاحَاتُ الْمَنَاطِقِ الْجَبَلِيَّةِ  
تَتَوَقَّفُ عَلَى خَطِّ  
الْعَرْضِ وَالْإِرْتِفَاعِ.

## أمريكا الجنوبية

## دليل الخارطة

- قطبي
- تندرا
- جبلي
- معتدل بارد
- معتدل دافئ
- صحراوي
- موسمي
- إستوائي مداري

## المناخ الاستوائي المداري

مَنَاطِقُ الْمَنَاحِ الْإِسْتِوَائِيِّ الْمَدَارِيِّ تَقَعُ حَوْلَ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ  
فِي نِطَاقِي خَطِّي الْعَرْضِ ١٠° شَمَالًا وَ ١٠° جَنُوبًا. طَقْسُهَا  
حَارٌّ دَوْمًا - فَتَتَرَاوَحُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ بَيْنَ ٢٤° وَ ٢٧°س.  
وَتُصَيِّبُهَا تَوْبَاتٌ مُنْتَظِمَةٌ مِنَ الْمَطَرِ الْغَزِيرِ عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ،  
بِحَيْثُ لَا يَقِلُّ إِجْمَالِيُّ التَّسَاقُطِ عَنْ ١٥٠ سم. وَهَذِهِ  
الظُرُوفُ الْمُنَاحِيَّةُ مِثَالِيَّةٌ لِلْغَابَاتِ الْمَطِيرَةِ.



## المناخ القطبي

مناخ ألاسكا قطبي بارد جدًا وجاف تصحبه رياح قوية؛ والشمس دومًا خفيفة في الأفق حتى في منتصف النهار. ترتفع درجة الحرارة صيفًا بالقرب من السواحل إلى حوالي ١٠°س فقط، أما في الداخل فالبرودة أشد بكثير.

المناطق التندراوية  
المناخ باردة  
خفيفة كمية المطر،  
وصيفها قصير.



## المناخ الموسمي

في مناطق المناخ الموسمي، تتغير الفصول فجأة من رطبة إلى جافة. ففي شمال غرب الهند تهب من الشمال الشرقي رياح جافة بأطراف بعيدا عن البر على مدى نصف السنة. ثم على مدى نصف السنة الآخر تهب رياح البحر من الجنوب الغربي حاملة أمطارًا غزيرة.



## المناخ الصحراوي

في مناطق المناخ الصحراوي تقل كمية المطر الساقط سنويًا عن ٢٥ سم. ولا توجد عادة سحب تصد حرارة الشمس نهارًا أو تحفظ الدفء ليلاً. لذا فالنهار حار جدًا (قد تبلغ فيه درجة الحرارة ٥٢°س)، والليل بارد جدًا. هذه صحراء الأبراج الطبيعية في غرب أستراليا.

في مناطق المناخ المعتدل البارد يتساقط المطر على مدار السنة، ويكون الصيف حارًا نوعًا والشتاء باردًا.

## تصميم المباني لثلاثم الطقس

يُشيد الناس بيوتهم ليتلاءم مع المناخ. ففي أقصى الشمال، حيث المناخ مثلج دائمًا، تُشاد البيوت المؤقتة من قطع الثلج والجليد كأكواخ الإسكيمو المقلية. وفي المناخ الحار، تجعل البيوت فسيحة قليلة الجدران الداخلية فيما يسر دوران الهواء. وفي المناطق الموسمية تُشاد البيوت غالبًا مرفوعة على ركائز لتفادي غمر المياه. وفي المناخ الصحراوي، تُبنى المباني باللون الأبيض ليعكس حرارة الشمس. وفي الأماكن المثلجية شتاءً تجعل سقوف البيوت شديدة الانحدار كي ينزلق الثلج عنها بسهولة.



بيت شديد  
أنحدار السقف  
في سويسرا.



بيت مغطى باللون  
الابيض في مصر،  
إفريقية



بيت مرفوع على  
ركائز في الهند،  
بأسيا



كوخ مقلد في  
الاسكا، بأمريكا  
الشمالية

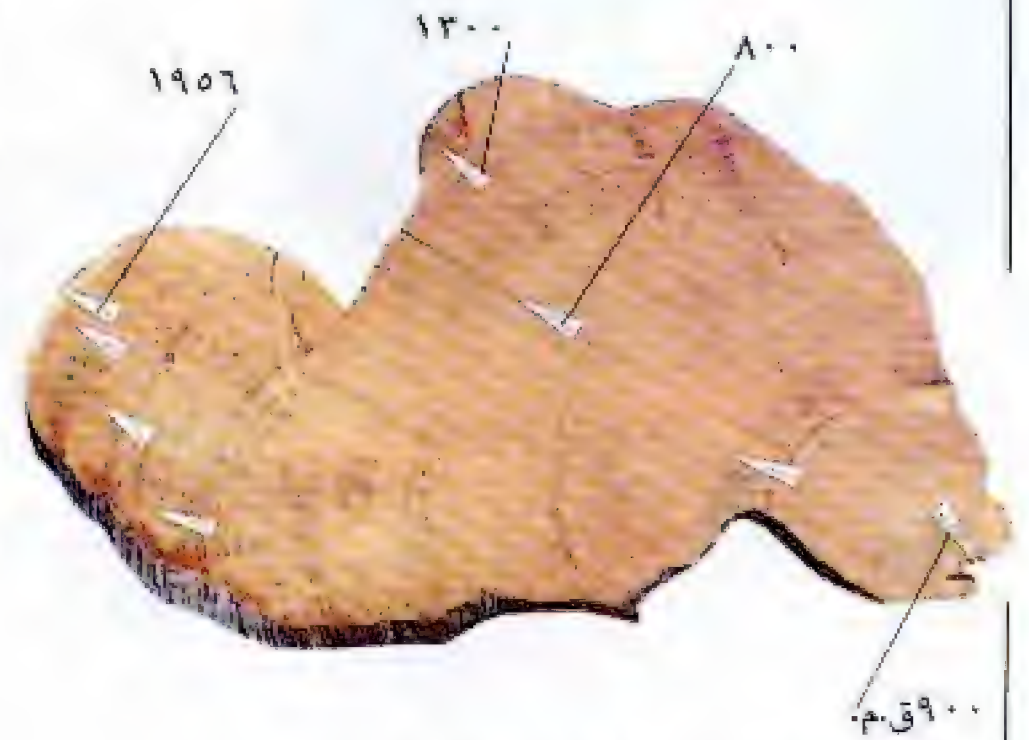
### لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الصحاري ص ٣٩٠
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢
- الجبال ص ٣٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦



# المناخات المتغيرة

مناخات العالم دائمة التغير. في الماضي، كان العالم أحياناً أكثر سخونة مما هو عليه اليوم، وأحياناً أكثر برودة. فمُنذ أكثر من ٦٥ مليون سنة، أيام كانت الدينوصورات تجوب الأرض، لم يكن هنالك قلائس جليدية قطبية، وكانت النباتات المدارية تغطي ما هي اليوم مناطق معتدلة. وخلال بعض الأوقات في المليون سنة الماضية امتدت المثالج الضخمة والغطاءات الجليدية من مناطق القطبين لتغطي مساحات شاسعة من سطح الأرض. وقد نكون مقبلين مستقبلاً على عصر جليدي، أو ربّما مداري، جديد - لأن المناخات تتغير، لا طبيعياً فقط بل، بواسطة الأنشطة البشرية أيضاً.



## دراسة حلقات النمو في الشجر

يستطيع العلماء دراسة حلقات النمو في الخشب القديم لتقصي تغير المناخات، وهذا ما يُعرف بعلم المناخ الشجري. فجدوع أشجار الصنوبر الكاليفورني الهلي الكيزان تبين المناخات التي سادت منذ ٩٠٠٠ سنة حتى اليوم - فحلقة النمو السميكة تعني طقساً ملائماً لنمو الأشجار في تلك السنة؛ فيما تعني الحلقة الرفيعة طقساً بارداً جداً أو جافاً جداً.

## العصر الجليدي الكبير

يعتقد العلماء أننا نعيش اليوم في عصر دافئ بين عصرين جليديين. فخلال عصور جليدية سالفة امتدت الغطاءات الجليدية فوق أمريكا الشمالية وشمال غرب أوروبا وروسيا. ولعلها غطت جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية معظم الوقت، لكن بأقدار متفاوتة. ويُقدّر بعض علماء المناخ أن الأرض شهدت فترات دفء فاصلة بين ١١ عصرًا جليدياً على الأقل خلال عصر جليدي كبير بدأ منذ ٣ ملايين سنة.



## العصر الجليدي الصغير

العالم كان أبرد مما هو عليه اليوم بشكل ملحوظ على مدى معظم الألف سنة الماضية. فقد شهد فترة باردة بين سنة ١٥٥٠ وسنة ١٨٠٠ عُرفت بالعصر الجليدي الصغير. وفي أسوأ فصول الشتاء الباردة في القرنين السابع عشر والثامن عشر، شمل التجمّد حتى نهر التيمز في لندن، فأقيمت معارض الشتاء فوق النهر المتجمّد. وحتى منذ عهد قريب، عام ١٨٩٥، تجمّد نهر التيمز جزئياً، كما تبين صورة جسر لندن أعلاه. ومُنذئذ، ارتفع معدل درجة حرارة العالم نصف درجة سيلسيوس (مئوية).

## الجليد الأقصى

العصر الجليدي الأخير كان في أوجِه منذ حوالي ١٨٠٠٠ سنة. فامتد الجليد من القطب الشمالي حتى البحيرات الكبرى، في أمريكا الشمالية، جنوباً، كما غطى معظم بريطانيا واسكتلندا. وكانت هنالك كتل جليدية أصغر في نصف الكرة الجنوبي.



## الغطاء الجليدي اليوم

يبدو لنا الغطاء الجليدي في وقتنا الحاضر عادياً بامتداده على مساحات صغيرة نسبياً؛ لكن الأرض، على مدى تاريخها الطويل، قلما أحتوت هذا القدر منه.



## جيمس كروول

العالم البريطاني، جيمس كروول (١٨٢١-١٨٩٠) نشأ في بيرث باسكتلندا، وترك المدرسة في سن الثالثة عشرة، لكنه تابع دراساته بنفسه. وبعد أن تقلّب في وظائف عديدة، عُيّن عام ١٨٥٩، قِيّماً للمتحف الأندرسوني في غلاسكو، باسكتلندا؛ وفي عام ١٨٦٤، نشر نظرية مفادها أن



العصور الجليدية قد سببها التغيرات في ميلان محور الأرض وفي مدارها حول الشمس. كما لاحظ كروول أن هذه التغيرات، التي تعاقبت على دورات امتدت آلاف السنين، سببت تغيرات في تساوي الفصول، وهذا بدوره كان السبب في دفء الأرض أو برودتها.





## التَّوَرَانُ الْبُرْكَانِي

قد يتسبب تَوَرَانُ الْبُرَاكِين في تَغْيِيرِ الْمُنَاخِ؛ فَالْعِبَارُ الْمَقْدُوفُ عَالِيًا يَبْقَى الْكَثِيرُ مِنْهُ فِي الْجَوِّ. عَامَ ١٩٩١، نَارَ بُرْكَانُ جَبَلِ بِيْنَاتُوبُو، فِي الْفِيلِيبِين، قَازَفًا سُحُبًا صَخْمَةً مِنْ الْمُلُوثَاتِ، فِي الْهَوَاءِ، انْتَشَرَتْ حَوْلَ الْعَالَمِ حَاجِبَةً حَرَارَةَ الشَّمْسِ، فَانْخَفَضَ مُعَدَّلُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ فِي الْعَالَمِ نِصْفَ دَرَجَةِ سِلْسِيُوسٍ عَلَى مَدَى بَضْعَةِ شُهُورٍ.

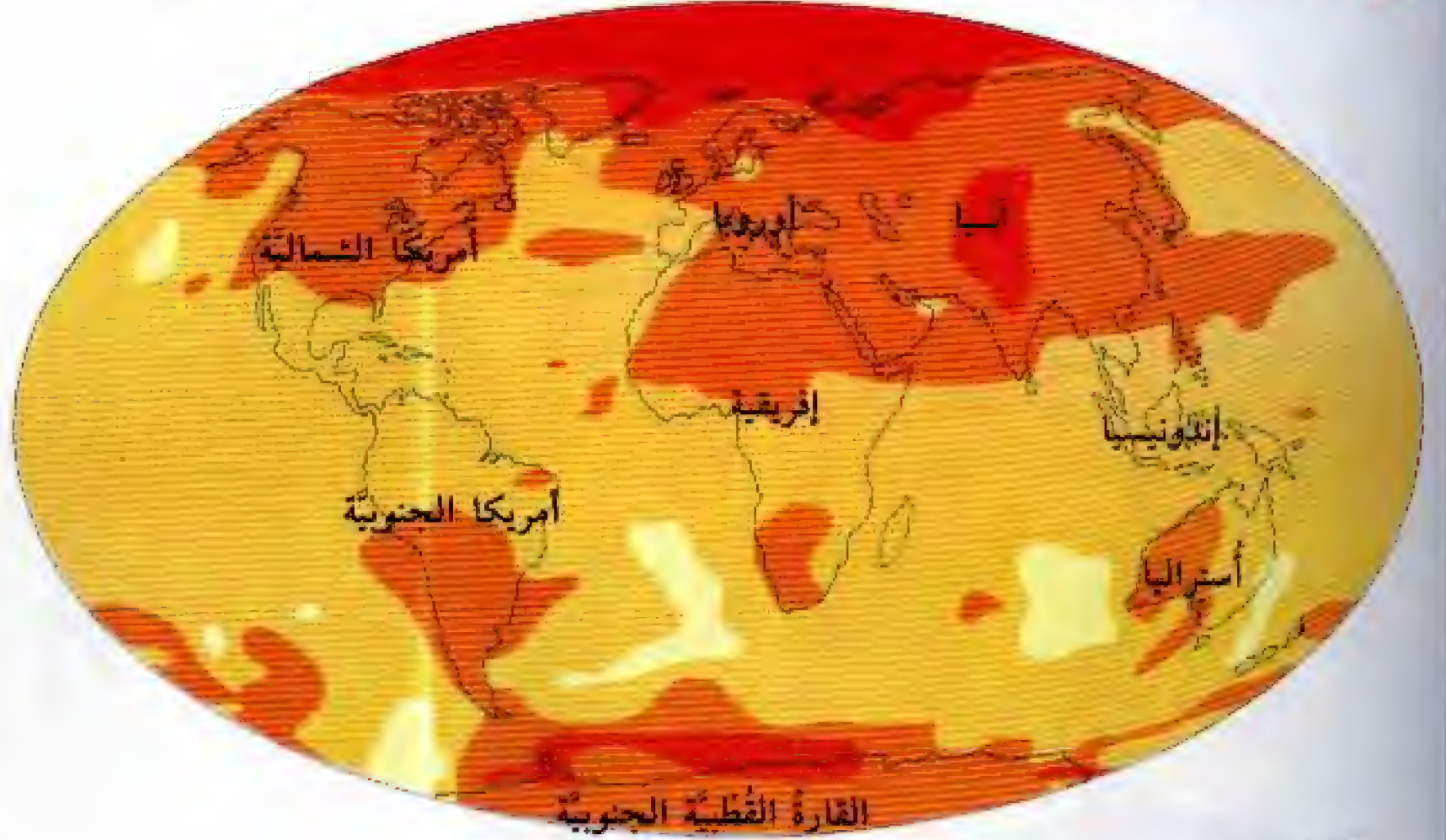
● + ٢° س

● + ١° س

● + ٣° س

● + ٤ - ٥° س

● لا تَغْيِيرٌ



## الْحُمُومُ الْعَالَمِي

هَنَالِكَ أَسْبَابٌ طَبِيعِيَّةٌ لِتَسَخُّنِ جَوِّ الْأَرْضِ، لَكِنَّ النَّاسَ أَيْضًا يُسَهِّمُونَ فِي الْحُمُومِ الْعَالَمِيِّ بِقَرِيطِ إِنْتَاجِهِمْ ثَانِي أَكْسِيدَ الْكَرْبُونِ وَغَازَاتٍ أُخْرَى تُعْرَفُ بِغَازَاتِ الدَّفِينَاتِ. هَذِهِ الْغَازَاتُ تَحْتَبِسُ الْحَرَارَةَ، وَتَمْنَعُهَا مِنْ أَنْ تَسْرُبَ إِلَى الْقَضَاءِ؛ فَهِيَ بِذَلِكَ تَعَزِّزُ ظَاهِرَةَ الدَّفِينَاتِ. وَإِذَا لَمْ يُكْبَحْ أُنْدَاقُ ثَانِي أَكْسِيدَ الْكَرْبُونِ وَغَازَاتِ الدَّفِينَاتِ الْأُخْرَى فِي الْجَوِّ فَتَسْتَخُنُّ الْعَالَمُ بِسُرْعَةٍ. وَيَبَيِّنُ التَّوَقُّعُ الْحَاسُوبِيُّ الْمُقَابِلُ زِيَادَةَ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ عَامَ ٢٠١٠، بِالمُقَارَنَةِ مَعَ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ عَامَ ١٩٥٠.



## شَوَاهِدُ الْمُنَاخَاتِ الْغَابِرَةِ

يَبَيِّنُ الْمُنَاخُ الْغَائِرُ فِي هَذِهِ الْجِدَارِيَّةِ الْكَهْفِيَّةِ الْقَدِيمَةِ الَّتِي تَنْظُرُ مَوَاقِفَ تَرَعَى فِي الْهَضْبَةِ الْجَزَائِرِيَّةِ الْيَابُوقِيَّةِ. وَهَذِهِ الْمِنْطَقَةُ صَحْرَاوِيَّةٌ حَالِيًا، وَعَمَلِيَّةُ التَّصَحُّرِ هِيَ فِي قِسْمٍ مِنْهَا نَتِيجَةٌ طَبِيعِيَّةٌ لَتَغْيِيرِ الْمُنَاخِ، كَمَا إِنَّ لِنَاشِطَةِ الْبَشَرِيَّةِ دَوْرًا فِيهَا أَيْضًا.



خَطُّ الْمَاشِاطِ فِي  
فَلُورِيدَا حَالِيًا.

أَرْتِفَاعُ ٣ م فِي مُسْتَوَى  
سَطْحِ الْبَحْرِ.

## أَرْضٌ تُغْمَرُ مُسْتَقْبَلًا

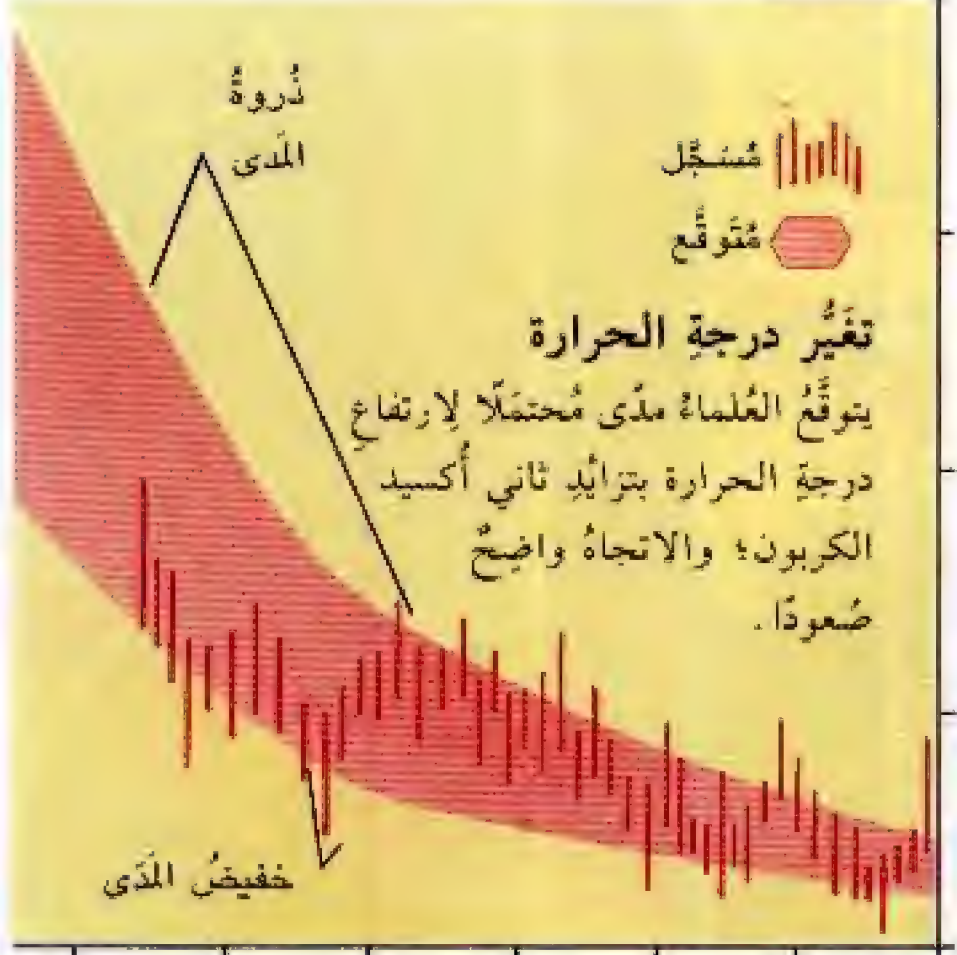
مَنَاطِقُ الْعَالَمِ الْخَفِيفَةُ سَيَعْمُهَا الدَّمَارُ الشَّامِلُ إِذَا مَا أَسْتَمَرَ الْحُمُومُ الْعَالَمِيُّ وَأَرْتِفَاعُ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ. وَيَبَيِّنُ التَّوَقُّعُ الْحَاسُوبِيُّ الْمُقَابِلُ تَأْثِيرَ أَرْتِفَاعِ ٣ م فِي مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ عَلَى فُلُورِيدَا، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَحِدَةِ. وَيُمْكِنُ حَدُوثُ ذَلِكَ جَلَالِ الْمِجَةِ السَّيِّئَةِ الْقَادِمَةِ.

## ك. أ. (جُزْءٌ بِالْمِلْيُونِ)



يَبَيِّنُ الْخَطُّ الْبَيَانِي زِيَادَةَ ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ (ك. أ.) فِي الْهَوَاءِ كَأَجْزَاءٍ (ك. أ.) فِي مِلْيُونِ جُزْءٍ مِنَ الْهَوَاءِ.

## تَغْيِيرُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ



يَتَوَقَّعُ الْعُلَمَاءُ مَدَى مُحْتَمَلًا لِأَرْتِفَاعِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ بِتَزَايِيدِ ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ؛ وَالْإِتِّجَاهُ وَاضِحٌ صُعُودًا.

## تَغْيِيرُ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ



يَبَيِّنُ الْخَطُّ الْبَيَانِي تَغْيِيرَاتِ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ بِالمُقَارَنَةِ مَعَ مُعَدَّلِ أَعْوَامِ السَّيِّئِيَّاتِ.

## تَغْيِيرَاتُ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ

يَتَوَافَقُ الْإِرْتِفَاعُ الْإِجْمَالِيُّ لِمُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ مِنْذُ الْعَامِ ١٨٨٠ مَعَ أَرْتِفَاعِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ. وَهَذَا يَتَوَافَقُ تَمَامًا مَعَ بِقَدَارِ التَّمَدُّدِ الْمُتَوَقَّعِ فِي طَبَقَةِ الْمَحِيطَاتِ الْعُلْيَا فِيمَا لَوْ سُخِّنَتْ نِصْفَ دَرَجَةِ سِلْسِيُوسٍ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- تَكُونُ الْأَرْضُ ص ٢١٠
- الْبُرَاكِين ص ٢١٦
- الْجَلِيدُ وَالْمَتَالِجُ ص ٢٢٨
- النُّمُوُّ وَمَرَاثِلُهُ ص ٣٦٢
- دَوْرَاتُ فِي الْعِلَافِ الْخَبْرِيِّ ص ٣٧٢

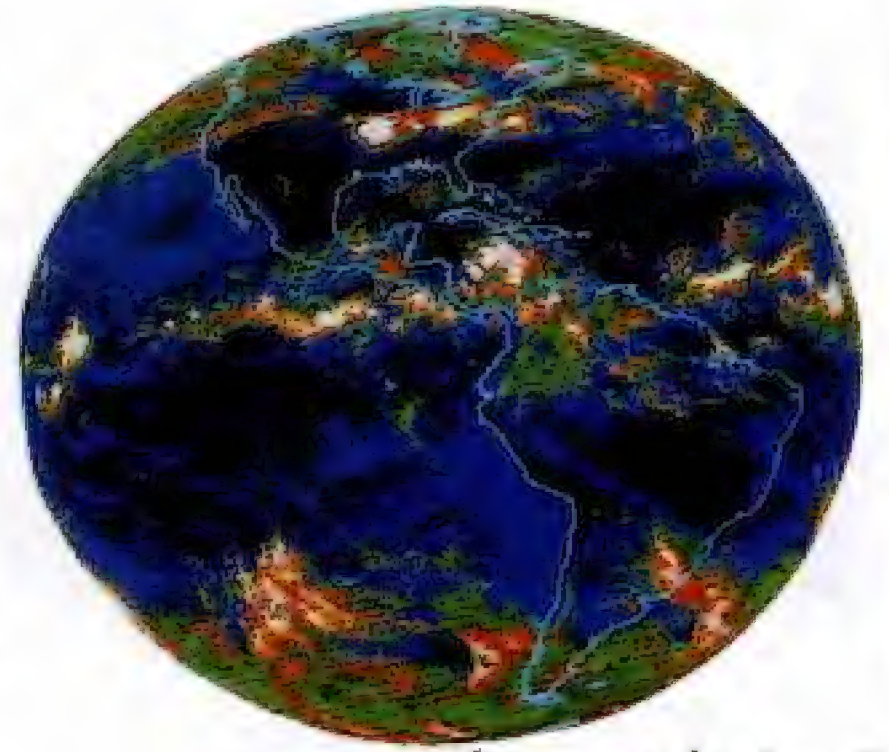


# الجو

الحياة على كوكب الأرض ما كانت ممكنة بدون الجو، فهو الغلاف الغازي الذي يقيها شع الشمس ويوفر ظروف الحياة الملائمة لعيش الحيوان والنبات. الكواكب الأخرى لها أجواء أيضا لكنها مختلفة جدًا. فجو الزهرة كثيف ثقيل يزيد ضغطه مئة مرة عن الضغط الجوي على الأرض. وتلف جو الزهرة سحب كثيفة تزيد من قدرته على احتباس حرارة الشمس فتصل درجة الحرارة إلى ٤٨٠°س، مما يجعل تواجد الماء في حالة السيولة معدومًا.

بالمقارنة، فإن جو المريخ رقيق (ضغطه جزء في المئة من الضغط الجوي على الأرض) فلا يعيق شع الحرارة التي تصله، على قلتها، بسبب بُعد الكوكب، فتتهبط درجة الحرارة إلى -١٢٠°س، مما يستحيل معه تواجد الماء سائلًا. وهكذا يلاحظ أن الظروف المتوافرة في

جو الأرض، وهي وسط بين الظروف على المريخ وعلى الزهرة، هي الظروف المثالية للحياة كما نعرفها.



## تصوير الأرض من الفضاء

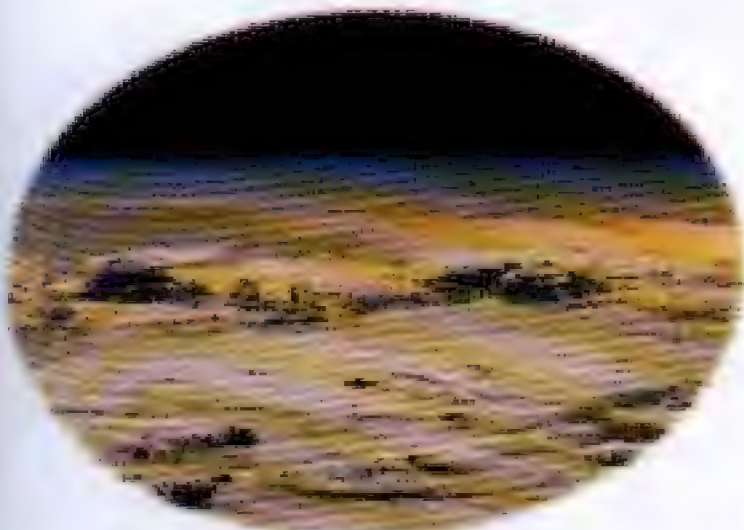
تستطيع السوايل الفضائية التقاط صور للأرض بثلاثة أطوال موجية مختلفة في الوقت نفسه. فالصور بالأشعة دون الحمراء تبين تغيرات درجة الحرارة - بالأزرق والأخضر والأبيض، من الحار إلى البارد. وتبين الصور العادية اليابسة والبحار، كما تبين صور أخرى كمية بخار الماء في الهواء.

الغلاف الجوي الخارجي  
(الإكسوسفير)



## طبقات الجو

يتألف الجو من خمس طبقات رئيسية هي: الغلاف السفلي (التروپوسفير)، والغلاف الطبقي (الستراتوسفير)، والغلاف المتوسط (الميزوسفير) والغلاف الحراري (الثيرموسفير)، والغلاف الخارجي (الإكسوسفير). ويخف الهواء بالارتفاع، لذا يتزود متسلقو الجبال العالية بالأكسجين للتنفس. فالغلاف الجوي السفلي هو الطبقة الوحيدة التي تستطيع الكائنات الحية التنفس فيها طبيعيًا.



## نطاق حول الأرض

هذه الصورة الملتقطة من الفضاء عند غروب الشمس، تبين نطق الهواء المتباينة الارتفاع (والمختلفة الكثافة)؛ كما تبين ضيق نطاق الغلاف الجوي بمختلف أقسامه نسبيًا.

الثيرموسفير

الميزوسفير

الستراتوسفير

طبقة الأوزون

التروپوسفير

## الستراتوسفير

يمتد الستراتوسفير إلى ارتفاع يقارب ٥٠ كم فوق سطح الأرض. وتتراوح درجة الحرارة في هذه الطبقة من حوالي -٦٠°س في أسفلها إلى ما فوق درجة التجمد بقليل في قسومها العلوي. ويستعمل الستراتوسفير على طبقة من غاز الأوزون تمتص الأشعة فوق البنفسجية المؤذية من شع الشمس. ويغفل التلوث المتزايد أخذت تظهر ثقب في طبقة الأوزون هذه.

## التروپوسفير

الظروف والأحوال الجوية تحدث في طبقة الغلاف السفلي المعروفة بالتروپوسفير. وتمتد هذه الطبقة ارتفاعًا حتى ٢٠ كم فوق سطح الأرض عند خط الاستواء، وحوالي ١٠ كم عند القطبين. وتركز فيها ٩٠٪ كتلة الغلاف الجوي كله.

## الإكسوسفير

ترتفع طبقة الغلاف الجوي الخارجي قرابة ٩٠٠ كم فوق سطح الأرض. والهواء فيها رقيق قليل الكثافة جدًا، وتُسبب جزيئات الغاز منه بالإفلات نحو الفضاء الخارجي.

## الثيرموسفير

يرتفع أعلى الثيرموسفير حوالي ٤٥٠ كم فوق سطح الأرض. وهذه الطبقة هي الأشد حرارة، لأن جزيئات الهواء القليلة فيها تمتص الإشعاع الوارد من الشمس؛ فتبلغ درجة الحرارة في أعلاها ٢٠٠٠°س.

## الميزوسفير

يرتفع أعلى الميزوسفير قرابة ٨٠ كم فوق سطح الأرض. وتهبط درجة الحرارة في الميزوسفير إلى ما دون -١٠٠°س وهي أسخن في قسومها السفلي لأنه يكتسب حرارة من الستراتوسفير أدناه.

## ارتفاع الغلاف الجوي

يمتد الغلاف الجوي صعدًا فوق سطح الرأس حوالي ١٠٠٠ كم. وقد يبدو ذلك كثيرًا للوهلة الأولى. لكنه ليس كذلك بالمقارنة حتى مع المسافات على سطح الأرض. فالمسافة في سيارة سباق يقطع مثل هذه المسافة في بضعة ساعات؛ وفي مثل هذا الوقت تستطيع أنت المشي مسافة أكثر من ارتفاع التروپوسفير.

١٠٠٠ كم





## طبقة الطقس

يُسمى الغلاف الجوي (التروپوسفير) أحياناً طبقة الطقس. فهو الطبقة التي يحدث فيها الحمل الحراري - حيث يرتفع الهواء الساخن ويهبط الهواء البارد ليحل محله. كما تتكوّن السحب في هذه الطبقة أيضاً، حاملة معها الأمطار والثلوج. وتحتبس السحب في التروپوسفير لأن الغلاف الطبقي (الستراتوسفير) فوقه أسخن، فيشكل غطاء له. أما درجة حرارة التروپوسفير فتتغير من معدل ١٥°س في أسفله (سطح الأرض) إلى - ٦٠°س في أعلاه المسمى التروپوبوز (منطقة الركود).



## جيمس جليشر

كان المُنطادي الإنكليزي، جيمس جليشر (١٨٠٩-١٩٠٣) من المهتمين بدراسة الجو أيضاً. وقد صعد بصحية هنري كوكسويل في منطادٍ إلى أعالي التروپوسفير فأكشفا تناقص درجة الحرارة بالارتفاع -

درجة لكل ارتفاع ١٥٠ م. وفي إحدى طلعاته المُنطادية أُعْمِيَ على جليشر لأنه لم يكن مزوداً بجهاز أكسجين للتنفس ولا ببرة مكيّفة. وفي العام ١٨٤٨، بدأ جليشر يُعدّ النشرة الجوية لجريدة «الديلي نيوز» اللندنية للمرة الأولى في أوروبا؛ كما أعدّ أيضاً بعض جداول الطقس اليومية الأولى.



### السحب المنذرّة

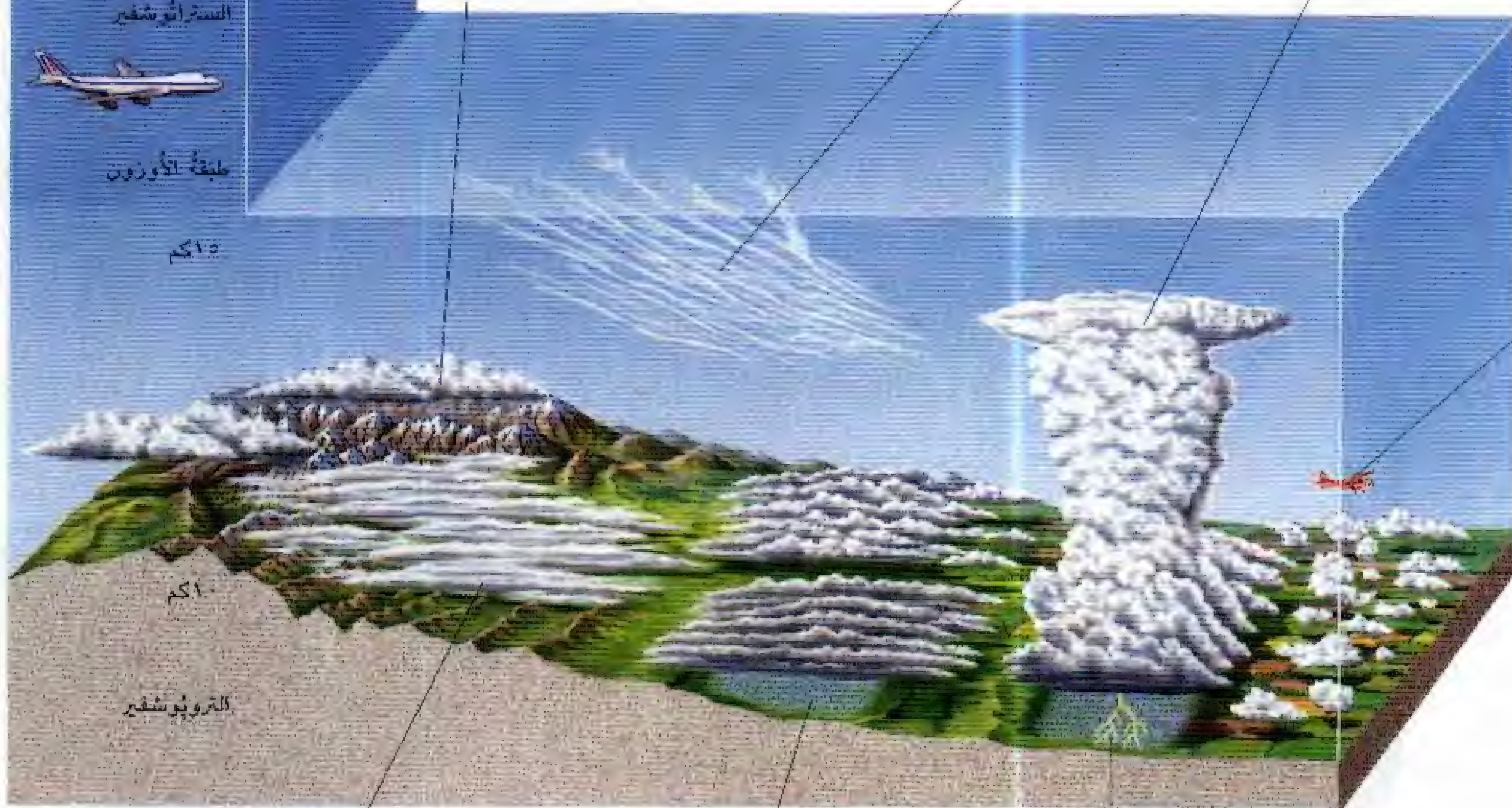
بالعواصف قد تعلو إلى قرابة ١٥٠٠٠ م.

السحابة هي أعلى السحب ارتفاعاً إذ تتكوّن في أعلى التروپوسفير.

يرتفع الهواء أثناء عبوره الجبال. وهذا غالباً ما يجعل الطقس مختلفاً على جانبيها.

الطيران غير التروپوسفير قد يكون كثير المطبات بفعل الهواء المتحرك.

تتكوّن سحب صغيرة بيضاء متفخخة عندما ترتفع كتل فقاعية من الهواء الدافئ فتبرد.



البرق يُسببه تراكم الكهرباء الساكنة في السحب التي ترافق العواصف.

الهواء مُشبع ببخار الماء الذي يتكثف قطرات مائية في بعض السحب ويسقط مطراً.

جميع السحب تقريباً تتكوّن في العشرة أو الإثني عشر كيلومتراً السفلى من الجو.

## تلوث الهواء

يُعتبر أحيّة الشمس المبيّنة عبر هذه النافذة في كاتدرائية القديس بطرس في روما، بإيطاليا، أن الهواء يزخر بجسيمات الغبار والأوساخ التي لا تُشاهد في معظم الأوقات. ولو تعلّق منديلاً أبيض نظيفاً خارج نافذتك في يوم غائم هادئ جاف ثمّ تنفّخه بعد عدّة ساعات، ستجد أنّ المندبل قد اتسخ بتعليقه خارجاً - بخاصّة إذا كنت في مدينة صناعية. فدخان المصانع وأدخنة السيارات تلوث الجو؛ وأحياناً تُحتبس بعض الملوثات في الطبقة المتاخمة للأرض فتسبب للناس مشاكل في التنفس والتهابات في العيون.



### لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الهواء ص ٧٤
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- السحب ص ٢٦٠
- تكوّن السحب ص ٢٦٢
- التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠
- عطارد والزهرة ص ٢٨٦
- الرياح ص ٢٨٩
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤



# ضَغْطُ الهَوَاءِ

يُحِيطُ بنا الهواء من كُلِّ جانب وقد نَحْسُ به ولكننا لا نراه. ضَغْطُ الهواء (أو الضَغْطُ الجَوِّي) هو القُوَّةُ التي يَضْغُطُّ بها وَزْنُ الهواء على سَطْحِ الأرض بِفِعْلِ الجاذبيَّةِ. إِنَّكَ لا تَشْعُرُ بهذا الضَغْطِ لأنَّ في داخل جِسْمِكَ ضَغْطًا مُساوِيًا مُضادًا. في مُستوى سَطْحِ الأرض، يكونُ ضَغْطُ الهواء على أَشَدِّهِ بِفِعْلِ وَزْنِ الهواءِ الفَوْقِيِّ الضاغِطِ إلى أسفل، لكنَّه يَتَنَاقَضُ بالارتفاع بسبب قِلَّةِ الهواءِ الضاغِطِ حينئِذٍ. ويُلاحَظُ أنَّ سَلْقَ البيضِ في الارتفاعاتِ العاليةِ يَحْتَاجُ إلى فترةٍ غَلِيانٍ أطولَ لأنَّ الضَغْطَ الخَفِيفَ يجعلُ الماءَ يَغلي على درجة حرارةٍ أخْفَضَ من ١٠٠°س. كذلك فإنَّ مقاصيرَ الطائراتِ المُحلَّقةِ عاليًا في الجَوِّ مُكَيِّفَةُ الضَغْطِ بحيثُ يَتوافَرُ فيها ما يكفي من الهواءِ لِلتَنَفُّسِ.

## خَرَائِطُ الضَغْطِ

يُقاسُ الضَغْطُ باليُلبِّي بار (ملب). على خَرَائِطِ الطَّقْسِ تُوضَلُ جميعُ مَناطِقِ الضَغْطِ المُساوِيِ بِمُتَحَنٍ يُسَمَّى خَطَّ تساوي الضَغْطِ (أيسوبار)، وبذلك يُمكنُ بِسهولةٍ تمييزُ مناطقِ الضَغْطِ العاليِ والخَفِيفِ.



## الضَغْطُ العاليِ والخَفِيفِ

يختلفُ ضَغْطُ الهواءِ بَيْنَ مَكَانٍ وآخر. فإذا كان الهواءُ باردًا كَثِيفًا يزدادُ ضَغْطُهُ على سطحِ الأرض. ولَمَّا كان تِراصُ الهواءِ يَرْفَعُ من درجة حرارةٍ فإنَّه يُرافقُ ذلك طَقْسٌ جيِّدٌ. في المقابل، فإنَّ الهواءَ إذا سَخُنَ تَقَلَّ كَثافتُهُ فيرتفعُ ويَقِلُّ ضَغْطُهُ على سطحِ الأرض. والهواءُ السَّاخِنُ أيضًا قد يُسَخِّرُ ماءً من البَحارِ وَيَحْمِلُهُ إلى الجَوِّ مُكوِّنًا سَحَابًا. ولِذا فإنَّ الضَغْطَ الخَفِيفَ قد يَجْلِبُ المَطَرَ.

في مُنخفضٍ جَوِّيٍّ (منطقةٍ ضَغْطِ خَفِيفٍ) يَرْتَفِعُ الهواءُ فيتكَثَّفُ بخارُهُ سَحَابًا.



## البارومترات

يُقاسُ ضَغْطُ الهواءِ بالبارومتر. والبارومتر المَعْدِنِيّ، أَشْبَهُ بِساعةٍ مَكْتَبَةٍ؛ وهو يحوي عُلْبَةً مَعْدِنِيَّةً مَسِيكَةً مُفَرَّغَةً من الهواءِ يَتَّصِلُ بِها مُؤَشِّرٌ. عندما يَرْتَفِعُ ضَغْطُ الهواءِ، تَنْضَغُظُ العُلْبَةُ إلى الداخلِ فيتحَرِّكُ المؤَشِّرُ، مُبَيِّنًا التَغْيِيرَ على مِدَالَةِ القياسِ المُدرَّجَةِ. وَيُسْتَدَلُّ بِتَغْيِيرِ ضَغْطِ الهواءِ على أحوالِ الطَّقْسِ المُتَوَقَّعةِ.



الضَغْطُ مُبَيَّنٌ باليُلبِّي بار وبالكيلوغرام على السنتيمتر المُرَبَّع.

## الضَغْطُ والارتفاع

يَتَنَاقَضُ الضَغْطُ الجَوِّيُّ وَأَنْتَ تَسَلِّقُ جَبَلًا. وَتَبَيَّنَ ذلكَ هُنَا بِقياسِ الضَغْطِ المِيعاريِّ في كُلِّ من مَدِينَتَي كُونِسِيْسيون ولَايَاز في جِبَالِ الإِنْدِيْز، بِبُولِيْشِيَا.

في لَايَاز على ارتفاع ٣٦٥٨ م الضَغْطُ المِيعاريُّ ٦٩٠ ملب.

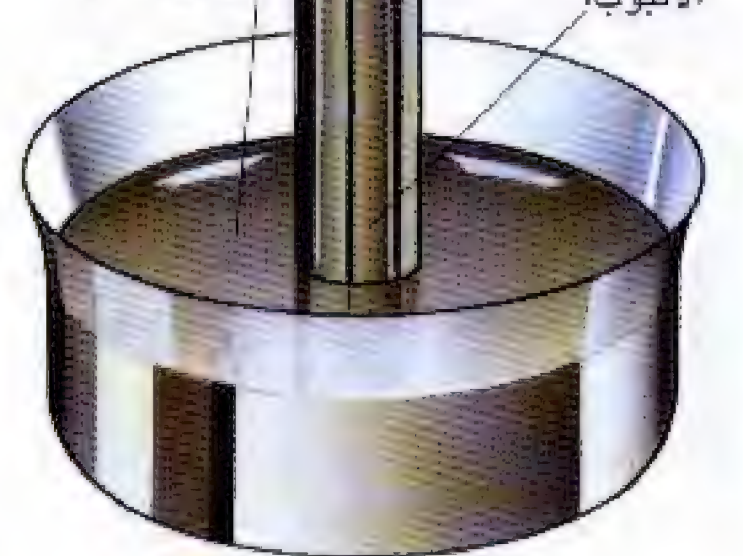
في كُونِسِيْسيون على عُلوٍّ ٤٩٠ م، الضَغْطُ المِيعاريُّ ١٠١٣ ملب.



السنتيمتر الواحد = ١٣,٣٣ مِلِّي بار

يَضْغُطُّ الهواءُ سَفَلًا على الزئبِقِ فيرفِغُهُ في الأنبوب.

الزئبِقُ سام



## تَغْيِيرُ الضَغْطِ

الأنبوبُ الزجاجيُّ القائمُ في طَلَسٍ مَكشُوفٍ من الزئبِقِ وسيلةٌ بسيطةٌ لِمُشاهدةِ تَغْيِيرَاتِ الضَغْطِ. فَبَتَغْيِيرَاتِ الضَغْطِ أَرْتَفَاعًا أو أَنْخِفَاضًا يَتَغَيَّرُ مُستوى الزئبِقِ داخلَ الأنبوبِ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبيَّة ص ١٢٢
- الضَغْطُ ص ١٢٧
- الجَوِّ ص ٢٤٨
- الجَبَاهُثُ المُناخيَّة ص ٢٥٣
- تَكُونُ السَّحَابِ ص ٢٦٢
- التَنَبُّؤُ بِالأحوالِ الجَوِّيَّة ص ٢٧٠



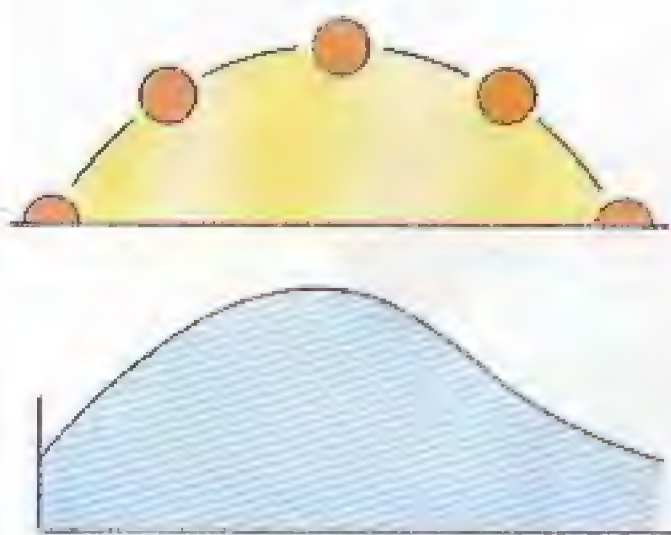
# درجات الحرارة

تختلف مناطق الأرض بين حارة وباردة. فمثلاً يبلغ مُعدّل درجات الحرارة ٣٤°س في دلتا النيل بالحبشة؛ فيما يبلغ - ٥٦°س في مركز پلاتو للأبحاث بالقارة القطبية الجنوبية. وتبلغ درجات الحرارة دائماً حدّها الأقصى في مناطق خط الاستواء، بخاصة حيث تنعدم السحب فتصل حرارة الشمس إلى الأرض دون عائق. بينما تبلغ حدّها الأدنى في المناطق البعيدة عن خط الاستواء، وأيضاً حيث تنعدم السحب فتقلت الحرارة بسهولة إلى الفضاء. وتعتمد درجة الحرارة أيضاً عكسياً على بياض الموقع، وهو مُعدّل ما يعكسه سطحه من شع الشمس الواقع عليه. فمناطق الثلج والجليد العالية البياض تعكس الإشعاع الشمسي إلى الفضاء، فتبقى درجات حرارتها خفيفة؛ فيما تمتص الأراضي الجرداء والغابات مزيداً من الإشعاع فتبقى دفيئة حارة.



## درجة الحرارة الأعلى

أعلى درجة حرارة سُجلت حتى اليوم كانت في العزيزية، بليبيا على مقرية من الصحراء الكبرى، وبلغت ٥٨°س في الظل.



## تغيرات درجات الحرارة

تغير درجات الحرارة خلال ساعات اليوم الأربع والعشرين، فتكون خفيفة ليلاً وعالية نهاراً. وفي المناطق الواقعة بين خط الاستواء والقطبين قد يبلغ مدى التغير اليومي في درجات الحرارة ١٠°س.

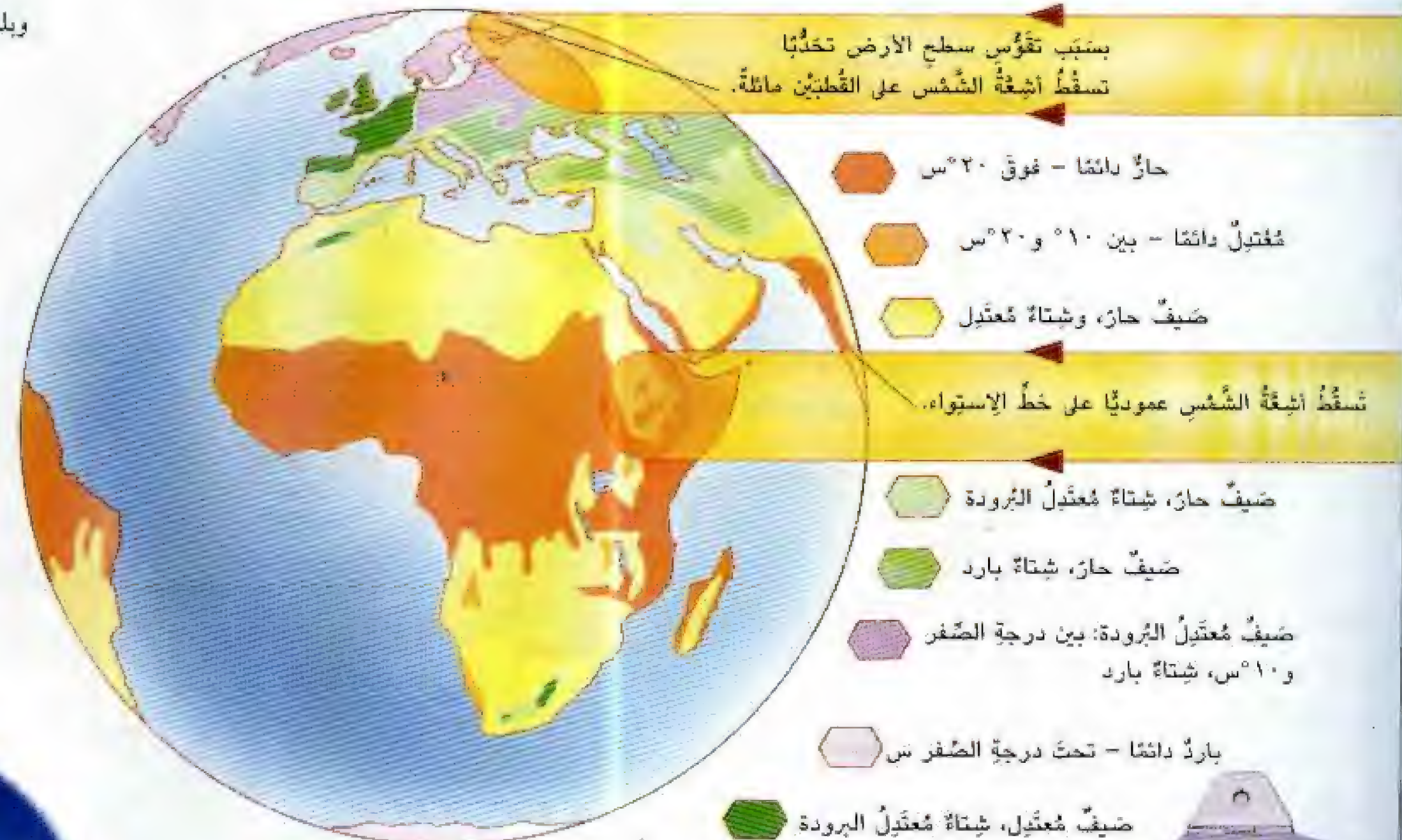


## أبرد مكان على الأرض

أدنى ما سُجل من درجات الحرارة على سطح الأرض كان في مركز فوستوك بالقارة القطبية الجنوبية، حيث بلغت - ٨٩°س في تموز (يوليو) عام ١٩٨٣، وهي أبرد بكثير من درجة حرارة المجمّعات في بيوتنا.

### لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخ ص ٢٤٤
- مُعدّل الطقس ص ٢٧٢
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢
- الصحاري ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦



## تلقي حرارة الشمس

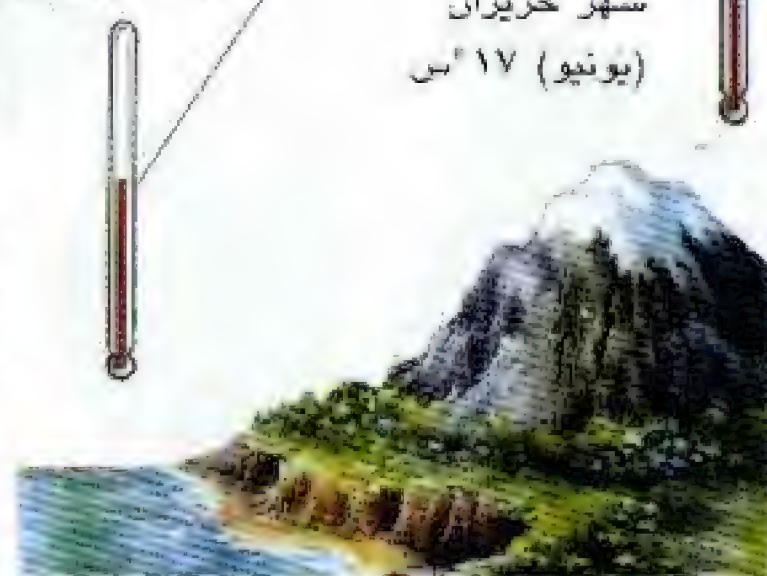
تختلف درجات الحرارة حول العالم نتيجة لطريقة سقوط أشعة الشمس على السطح. ففي مناطق خط الاستواء تسقط أشعة الشمس عمودياً على سطح الأرض - فتكون تلك المناطق حارة عادة. أما في مناطق القطبين، فتسقط أشعة الشمس على الأرض مُسَطَّحة المِيل فتتسبب حرارتها.

في لآپاز، على غلّو  
٣٦٥٨م، تبلغ  
درجة الحرارة في  
شهر حزيران  
(يونيو) ١٧°س

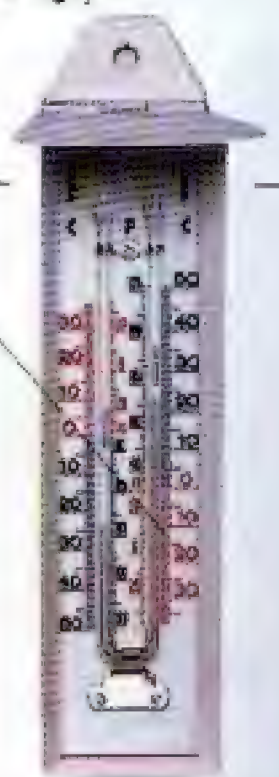
في كونسبسيون، على غلّو  
٤٩٠م، تبلغ درجة الحرارة في  
شهر حزيران (يونيو) ٢٧°س.

## درجات حرارة الهواء

تسخن الأرض بشع الشمس الساقط عليها؛ لكنّ الهواء يسخن بالحرارة الصاعدة من سطح الأرض. لذا تكون قمة الجبل دائماً أبرد من قاعدته - كما يتبيّن من مُعدّلي درجات الحرارة لشهر حزيران في لآپاز وكونسبسيون، ببوليفيا.



يُحرّك السائل الصاعد في كلّ أنبوب مؤشراً يبقى على درجة الحرارة القصوى أو الدنيا التي يصل إليها.



## موازين الحرارة (الترمومترات)

يجب أن تُقاس درجة الحرارة دائماً في الظل. فتغير درجة الحرارة اليومية يُمكن قياسه بمقياس نهايتي الحرارة العظمى والصغرى، الذي يُبيّن درجتَي الحرارة القصوى والدنيا لذلك اليوم.



## الرطوبة

نقول إنَّ الطقسَ رطبٌ عندما يحوي الهواءُ وفرةً من بخارِ الماء؛ وتزدادُ سُخونةُ الهواءِ قدرتهُ على حَمْلِ الرطوبة. ومَتى عَجَزَ الهواءُ عن حَمْلِ المزيدِ من بخارِ الماء، تكونُ نِسْبَةُ الرطوبةِ فيه عندئذٍ ١٠٠ بالمئة؛ فيأخذُ البخارُ بالتكاثفِ مُكوِّناً السُّحبَ والضبابَ والمطرَ. يَجُودُ نَمُوُ النباتِ في أجواءِ الرطوبةِ العاليةِ، لكنَّ هذه تُضايقُ الإنسانَ إذ يتعَذَّرُ تبخُّرُ العَرَقِ لِتَبْرِيدِ الجِسمِ. والرطوبةُ الخفيفةُ ثلاثُ أضعافٍ للإنسانِ لِكِنَّها تُعَيِّقُ نَماءَ الزُّروعِ. يُمَيِّزُ العلماءُ بينَ الرطوبةِ، وهي كَمِّيَّةُ بخارِ الماءِ الموجودةِ في الهواءِ وبينَ الرطوبةِ النسبيَّةِ، وهي كَمِّيَّةُ البخارِ الموجودةِ في الهواءِ مَنسُوبَةً إلى الكَمِّيَّةِ القصوى من البخارِ التي يُمكنُ أن يحملها الهواءُ في دَرَجَةِ الحرارةِ تلكِ.



الشَّعْرَةُ المَجْدُولَةُ داخلَ بيتِ  
المرطابِ تَمْتَطُّ في الطَّقْسِ  
الرَّطِبِ وتَتَقَلَّصُ في الطَّقْسِ  
الجافِّ؛ فَنُدِيرُ قُرْصًا دَوَّارًا.



المرأة خارج بيت  
المرطاب في الجو  
الخفيف الرطوبة.

على القُرْصِ  
الدَّوَّارِ لَمِيتَانِ  
على شكلِ رَجُلٍ  
وأمرأة. في  
الأجواءِ الرُّطْبِيَّةِ  
تَسْمُخُ الشَّعْرَةُ  
المُثْقَلَةُ بِدَوَّارِ القُرْصِ فيظهَرُ الرجلُ  
وفي الجَوِّ الجافِّ تَتَقَلَّصُ الشَّعْرَةُ  
وتُشَدُّ القُرْصُ فتنظَرُ المرأةُ.

## قياسُ الرطوبةِ

تُقاسُ كَمِّيَّةُ الرطوبةِ في الهواءِ بواسطةِ المرطابِ (الهَيَّجرومتر)؛ ويُعرَفُ من هذا المقياسِ أنواعُ مُختلفةٍ - كان أولها إسْفنجة تَمْتَصُّ الماءَ من الهواءِ الرُّطِبِ فتُصبحُ أَثْقَلُ. أمَّا بيتُ الطَّقْسِ فهو مرطابٌ بَسِيطٌ يَبِينُ رطوبةَ الطَّقْسِ بِامْتِطاطِ شَعْرَةٍ في داخله. (بين الجفافِ والإشباعِ يَزْدادُ طُولُ الشَّعْرَةِ ٣٪).



الزراعة عسيرة في الصحارى، كهذه  
الصحراء في شبه جزيرة العرب، لَشَحُّ  
الماء فيها للناسِ والمواشي والزُّروعِ.



تَزدهرُ الزراعةُ في المناطقِ  
ذاتِ الرُّطوبةِ المتوسطةِ  
كبريطانيا وحوضِ  
البحر المتوسطِ.



يَغْزُرُ المطرُ في المناطقِ ذاتِ  
الرطوبةِ العاليةِ، فيؤوِّقِرُ ظُروفًا  
مثاليَّةً لِنَمُوِ النباتاتِ، كهذه الغابة  
المطيرة في جزيرة غرينادا.

## تأثيراتُ الرطوبةِ

بخارُ الماءِ في الهواءِ مُهِمٌّ وَضَرْوَرِيٌّ لِبَقَاءِ الحياة؛ فحيثُ تَنخِيفُ الرطوبةُ إلى أَقَلِّ من ١٠ بالمئة تكونُ الصحارى. أحيانًا تَنخِيشُ الأمطارِ المعتادة عن منطقةٍ، وَقَدْ يَتَعَرَّضُ سَكَّانُها لِلْمَجَاعَةِ. في المُقابِلِ، تَنموُ الأدغالُ بِكثافةٍ حيثُ الرُّطوبةُ مُرتَفِعةٌ.

## التكيفُ مع الرطوبةِ

العملُ الشاقُّ مُنْهَكٌ في الجَوِّ الرُّطِبِ بِخَاصَّةٍ لمن لم يتعوَّده، لأنَّه يتعَذَّرُ تبريدُ الجِسمِ (بالتعرق) في الهواءِ الرُّطِبِ. لكنَّ بالتمرينِ والممارسةِ يُصبحُ الجِسمُ أَكثَرَ فَعَالِيَّةً وأَحْتِمَالًا. لَقَدْ دَأَبَتِ الرياضَةُ البَرِيطَانِيَّةُ، إيفون موري، على التدرُّبِ في دَفِئَةٍ حيثُ الرُّطوبةُ عاليةٌ؛ استعدادًا لِلْمُشاركةِ في مُباراةِ البُطُولاتِ العالميةِ في طوكيو، باليابان، حيثُ الرُّطوبةُ أَكثَرُ بكثيرٍ ممَّا هي عليه في بريطانيا.

## فرديناند الثاني

كان دوقُ سُكَّانِيَا،

فرديناندو دي

ميديشي

(١٦١٠-١٦٧٠)،

عالمًا ومُخْتَبِرًا

إيطاليًا يَعْمَلُ مع

غاليليو.

فاخترَعَ عام

١٦٥٥ مرطابَ

التكاثف - وتُحَسَّبُ به رُطوبةُ الهواءِ بقياسِ

كميَّةِ التَّدْيِ المُتَكَثِفِ على سطحِ باردٍ. كما

أخترَعَ أيضًا ميزانَ الحرارةِ (الترمومتر)

الحديثِ ذا الأنبوبِ الرُّجَاجِيِّ المَسْدُودِ بِطَرِيقَةٍ

خاصَّةٍ تَضَمِّنُ عَدَمَ تأثيرِ الضَّغْطِ الجَوِّيِّ على

نتائجِ قِراءاتِهِ.



## لمزيد من المعلومات انظر

تغيُّراتُ الحالة ص ٢٠

الحرارة ص ١٤٠

تكوُّنُ السُّحبِ ص ٢٦٢

الضبابُ والسَّيُورَةُ والضَّخَّانُ ص ٢٦٣

المطرُ ص ٢٦٤، رَصْدُ الطَّقْسِ ص ٢٧٢

الصحارى ص ٣٩٠

الغاباتُ المَطِيرَةُ الإِسْتَوَاتِيَّةُ ص ٣٩٤



# الجبهات المناخية

طقس العالم المتباين حول الأرض تحكمه منظومات جووية مدومة ضخمة تُعرف بالمرتفعات والمنخفضات الجوية - أي مناطق الضغط العالي والخفض. فمناطق الضغط العالي (مضادة الأعاصير) تتكون بالهواء الهابط، وتتحرك ببطء يستقر به الطقس. وهذا الهواء الجاف يجعل الطقس جافاً وحاراً في الصيف، وبارداً صافياً في الشتاء. أما مناطق الضغط الخفيض، المعروفة بالمنخفضات الجوية، فسببها الهواء الصاعد؛ ويحدث هواؤها الرطب سحباً ومطرًا، وربما ثلجًا. ويتكون المنخفض الجوي بتصادم نطاق من الهواء الساخن مع آخر من الهواء البارد، فيتدافعان دون أن يمتزجا. فتتكون الجبهات عند حدود الكتل الهوائية ويصبح الطقس غير مستقر. وقد يبلغ عرض المنخفض الضغطي مئات الكيلومترات، لكنه غالباً ما يعبر الأجواء في أقل من ٢٤ ساعة. عادة، الجبهة الدافئة هي التي تصل أولاً؛ وبعد عبورها تأتي الجبهة الباردة في إثرها.



حلول جبهة دافئة

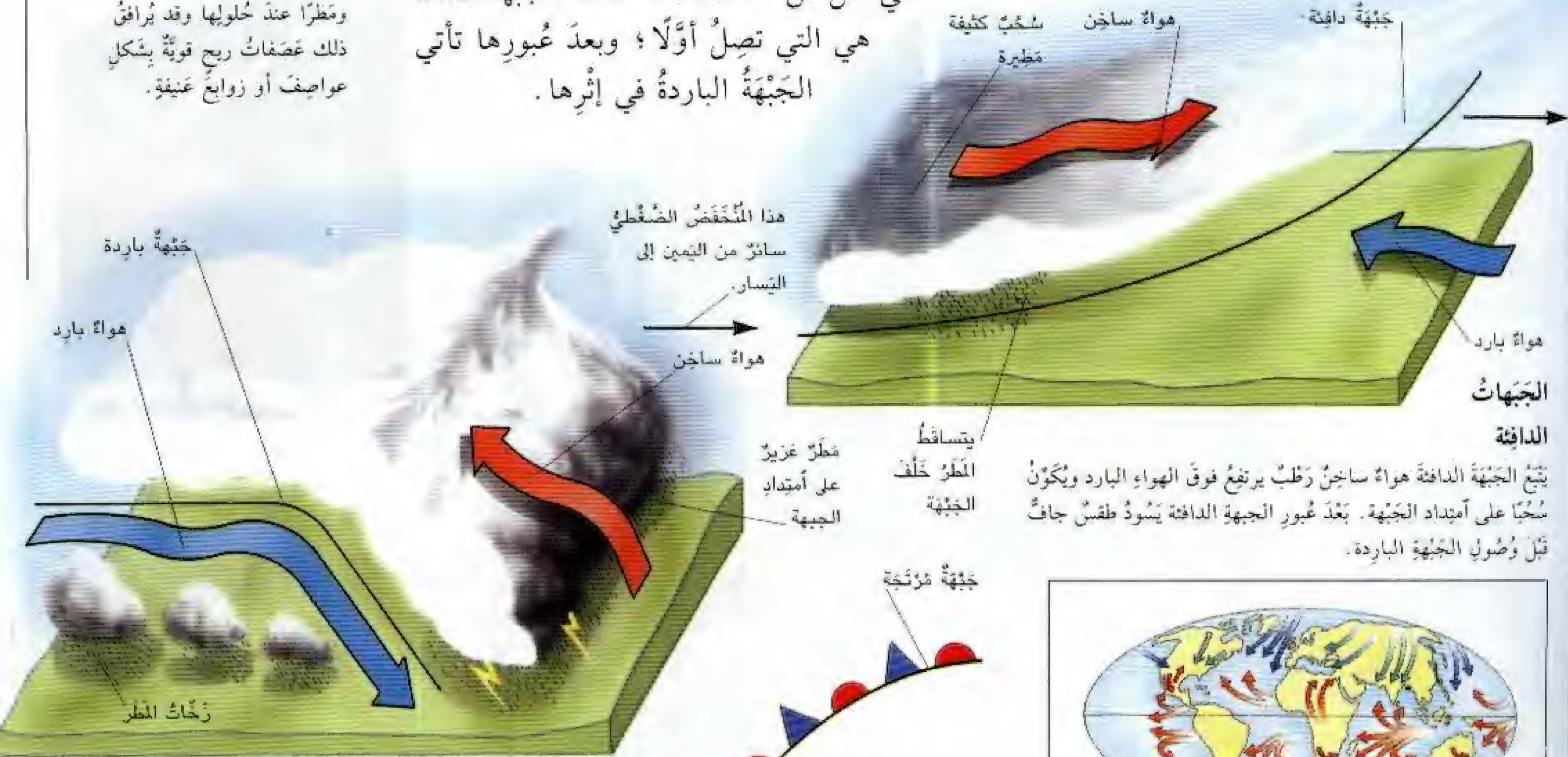
لا يتغير الطقس في البداية عند حلول الجبهة الدافئة وتبدو أول دلائل التغير بظهور سحب سمحاقية رقيقة في أعالي الجو يليها رذاذ خفيف.

سمحاق (سحاب رقيق)



حلول جبهة باردة

تجلب الجبهة الباردة سحباً ومطرًا عند حلولها وقد يرافق ذلك عصفات ريح قوية بشكل عواصف أو زوايع عنيفة.



## الجباهات الباردة

الجبهة الباردة وراءها هواء بارد، وهي أكثر أنحداراً من الجبهة الدافئة. يندفع الهواء البارد تحت الهواء الساخن، فيرتفع بخار الماء ويتكثف سحباً وأمطاراً. ومع انخفاض ضغط الهواء تشد الرياح. ويغضب تقدم الجبهة غالباً زخات المطر من السحب المظيرة المتقاطرة خلفها.

## خريطة الطقس

تمثل الجبهات

على خريطة الطقس بخطوط ذات أسلّات، أو ذات حذبات. فالأسلّات تبيّن الجبهة الباردة، بينما تشير الحذبات إلى جبهة دافئة. أحياناً كثيرة، عند تحرك المنخفض الجوي، تلتحق الجبهة الباردة بالجبهة الدافئة، فتتألف الأسلّات والحذبات على امتداد الخط، ويمثل هذا جبهة مُرتجة.



جاف حار  
مداري قاري  
رطب دافئ  
مداري بحري  
جاف بارد  
قطبي قاري  
رطب بارد  
قطبي بحري

## الكتل الهوائية

تتكون فوق أقسام مختلفة من الأرض أربع كتل هوائية رئيسية؛ وهي تؤثر في طقس المناطق التي تقع فوقها. تسوق الرياح تلك الكتل؛ وحيث تتلاقى هذه الكتل وتتزاخم يكون الطقس متقلباً جداً.

## لمزيد من المعلومات انظر

- المناخ ص ٢٤٤
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- الرطوبة ص ٢٥٢
- السحب ص ٢٦٠
- تكون السحب ص ٢٦٢
- التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠



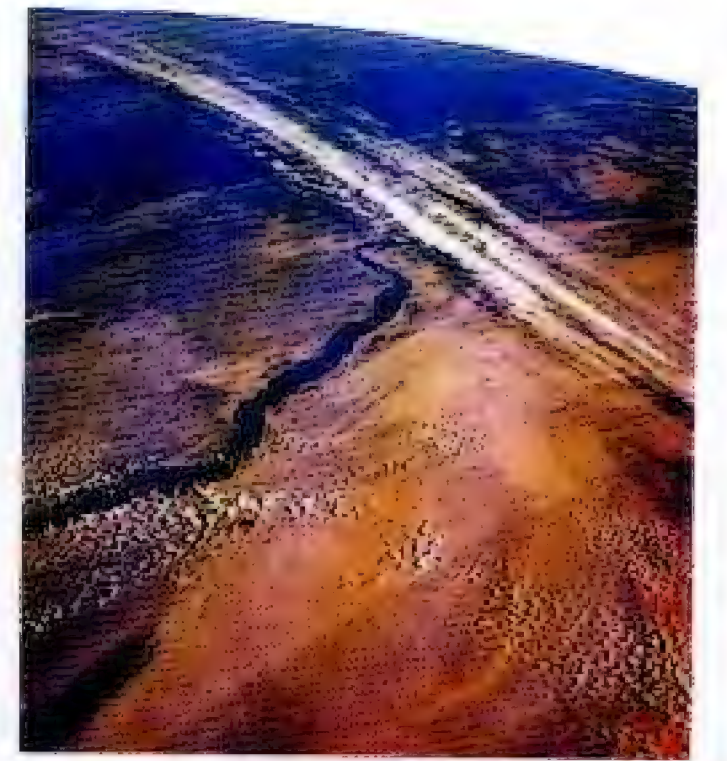
# الرياح

الهواء لا يتوقف عن الحركة، وفي تحركه يحمل الحرارة والماء حول الكرة الأرضية فينتج الطقس في مختلف المناطق. تهب الرياح العالمية بسبب الفرق في ضغط الهواء ودرجة الحرارة بين مكان وآخر. فالرياح تهب من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط الخفيض. ويمكنك تبيان ذلك بنفخ بالون بالهواء فيزداد ضغط الهواء بداخله، وعندما تدفع الهواء يقلت، يندفع الهواء كالريح إلى خارج البالون - حيث الضغط أخفض. والهواء الساخن أقل كثافة من الهواء البارد، فيرتفع في الجو تاركاً وراءه منطقة من الضغط الخفيض، يملأها الهواء البارد الذي يهبط ليحل محله. إن دوران الهواء هذا هو الذي يكون الرياح.



## اتجاه الرياح

يستخدم كم الرياح في المطارات الصغيرة ليبين شدة الرياح واتجاهها لربابة الطائرات. فالكم المتهدل يعني ريحا خفيفة رخاء. لكن عندما يشتد هبوب الرياح، يمتلئ الكم بهواء متحرك ويتفتح عارفاً باتجاه هبوب الرياح. وتوصف الرياح بالاتجاه الذي تهب منه - فالرياح الغربية، مثلاً، تهب من الغرب، والرياح الشمالية تهب من الشمال.

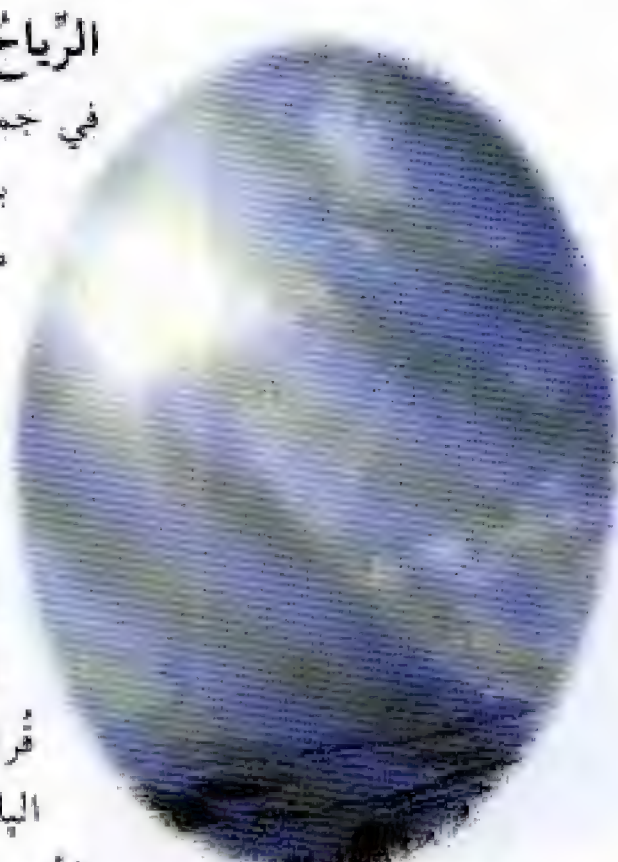


## التياران النفاثان (النافوريان)

على ارتفاع حوالي ١٠ كم فوق سطح الأرض يدور تياران نافوريان قويتان حول الأرض - واحد في نصف الكرة الشمالي والآخر في نصف الكرة الجنوبي. وهذه الصورة، الملتقطة من الفضاء، تبيّن سحب التيار النافوري فوق مصر. ولا يتعدى عرض التيارين النفاثين بضعة مئات من الكيلومترات، لكنهما يمتدان أحياناً إلى نصف الكرة حول الأرض. ويهتان عادة بسرعة تقارب ٢٠٠ كم/ساعة أو أكثر. هذان التياران عظيمان الأثر في تحريك الكتل الهوائية الرئيسية؛ وبالتالي، فتأثيرهما عظيم في أحوال الطقس.

## الرياح المحلية

في جميع أنحاء العالم هناك رياح محلية منتظمة تُعرف بأسماء خاصة كالفهن، مثلاً، وهي ريح جافة تهب من جبال الألب في أوروبا. العاصفة المبيئة في الصورة هنا تهب فوق ماتيهورن في جبال الألب. ومن الرياح المحلية أيضاً الشيتوك، وهي ريح جافة تهب من بحيرة شرق جبال الروكيز في أمريكا الشمالية، فتسبب تغيرات سريعة في درجات الحرارة والرطوبة. ومنها كذلك ريح الطيب وهي تسمى بحري متعش ينتشأ قرابة الظهيرة في فريمتل، بأستراليا؛ ومنها أيضاً البامبيرو وهي ريح جنوبية غربية باردة تهب من جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية.



## نطاق الرهو الاستوائي

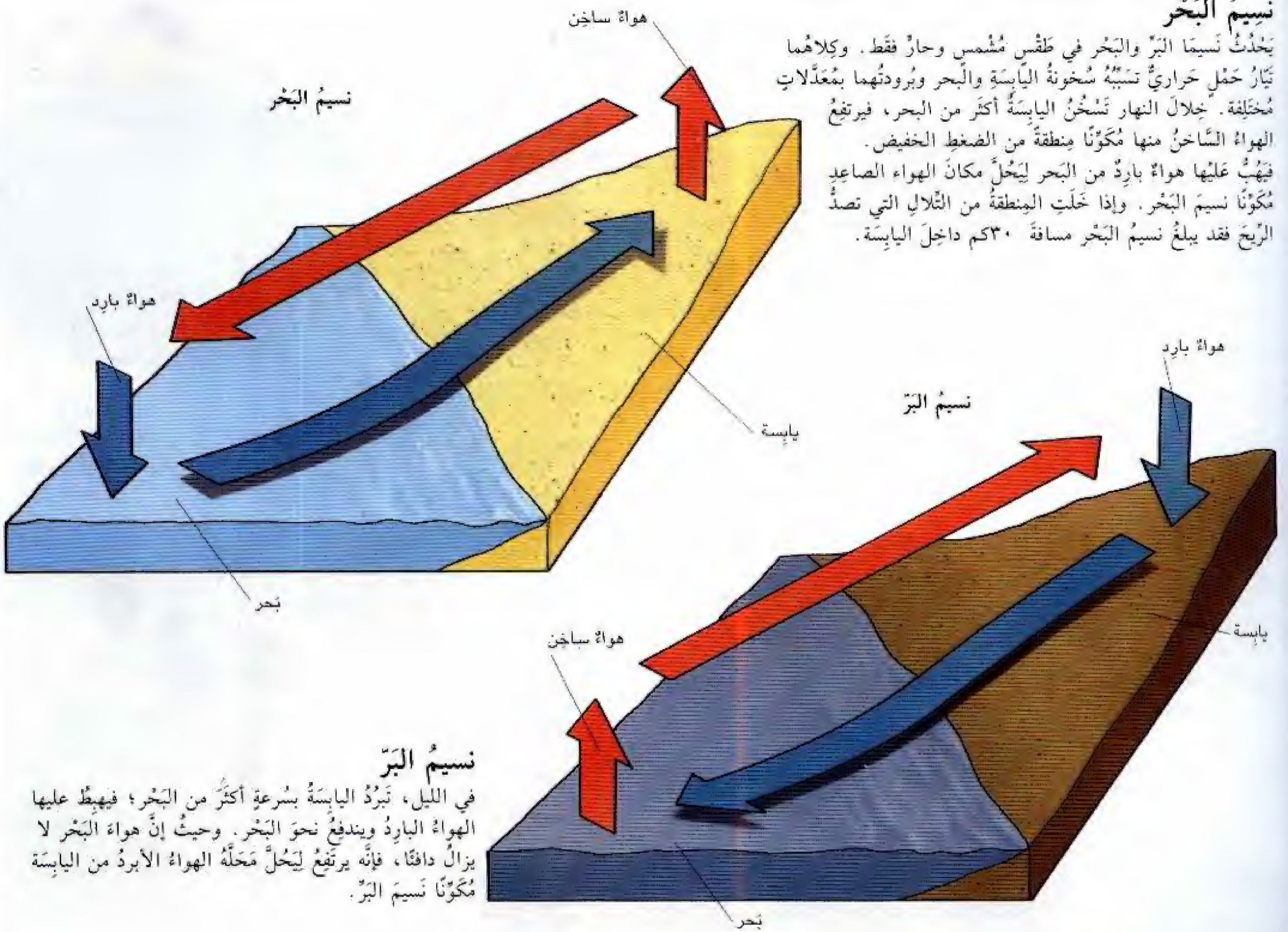
تمتد على طول خط الاستواء منطقة من الضغط الخفيض، حيث تتلاقى الرياح التجارية. في هذه المنطقة، المعروفة بنطاق الرهو الاستوائي، تخمد الرياح. وكانت حركة السفن الشراعية تعطل بسبب خمود الرياح في هذه المنطقة؛ وقد تنفذ مؤنهما من الطعام والماء بأنظار أنجرافها نحو الرياح التجارية.





## نسيم البحر

يحدث نسيم البحر والبر في طقس مشمس وحار فقط. وكلاهما تيار حمل حراري تسببه سخونة اليابسة والبحر وبرودتهما بمعدلات مختلفة. خلال النهار تسخن اليابسة أكثر من البحر، فيرتفع الهواء الساخن منها مكوناً منطقة من الضغط الخفيض. فيهب عليها هواء بارد من البحر ليحل مكان الهواء الصاعد مكوناً نسيم البحر. وإذا خلت المنطقة من التلال التي تصد الرياح فقد يبلغ نسيم البحر مسافة ٣٠ كم داخل اليابسة.



## نسيم البر

في الليل، تبرد اليابسة بسرعة أكثر من البحر؛ فيهب عليها الهواء البارد ويندفع نحو البحر. وحيث إن هواء البحر لا يزال دافئاً، فإنه يرتفع ليحل محله الهواء الأبرد من اليابسة مكوناً نسيم البر.

## برج الرياح

في القرن الأول ق.م.، شيد عالم الفلك اليوناني، أندرونيكوس، برجاً للرياح؛ يتألف من ثمانية جوانب نقش على كل جانب منها إله للريح. وكان كل إله يمثل نمط الريح الخاص به؛ فظهر بوريوس، إله الريح الشمالية الباردة، على شكل رجل عجوز مرتدياً ملابس دفيئة ويعزف موسيقاه على صدفة محارة؛ بينما بدا إله الريح الشرقية الدافئة مرتدياً ملابس خفيفة ويحول فاكهة وحجراً.



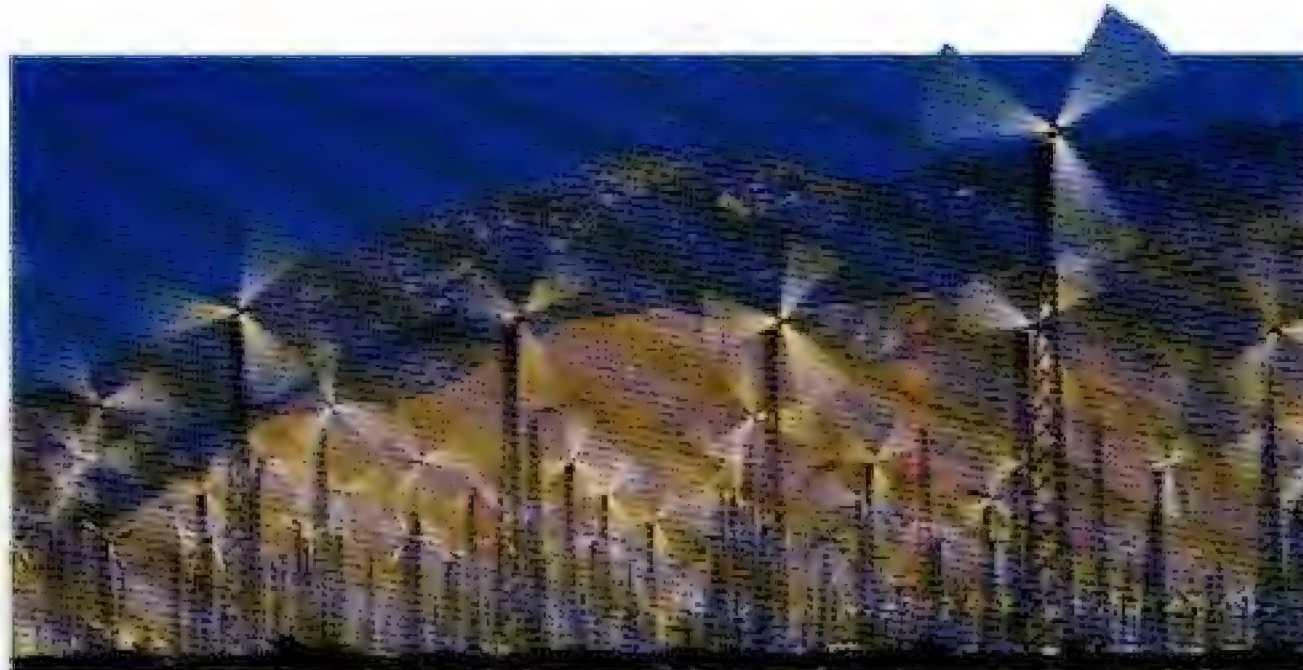
## أرقام قياسية للريح

ساحل جورج الخامس في القارة القطبية الجنوبية - المبيّن هنا هو أكثر الأماكن تعرّضاً لهبوب الرياح في العالم حيث تهبّ الرياح على نحو منتظم بسرعة ٣٢٠ كم/سا. أمّا الرقم القياسي المسجل لأسرع ربح على سطح الأرض فهو ٣٧١ كم/سا؛ وذلك على جبل واشنطن، في نيوهامبشير، بالولايات المتحدة، وقد سُجّل في ١٢ نيسان (إبريل) عام ١٩٣٤.



## قدرة الريح

يمكن تسخير الريح لتوليد الكهرباء. ففي محطة اختبارية بالولايات المتحدة، تُدار، طبيعياً، ضفوف متواليّة من الطواحين الهوائية بقدرة الرياح المحليّة. وهي بدورها تُسَيِّرُ تربينات مولّد كهربائي تُنتج بمجموعها طاقة كهربائيّة تكفي لإمداد مدينة صغيرة بالكهرباء للإضاءة والتدفئة. وبخلاف محطات القدرة العابرة بالقنّ أو بالطاقة النووية، فالتربينات الهوائية لا تُحدث تلوثاً.



### لمزيد من المعلومات انظر

- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الجيئات المناخية ص ٢٥٣



# قُوَّةُ الرِّيح

لِلرِّيح تأثيرٌ كبيرٌ على حياتنا، فهي الصديق والعَدُوُّ في آنٍ - أحياناً تهبُّ لطيفةً في نسيم مُنعشٍ، وأحياناً أخرى تهبُّ عَنيفةً في عواصفٍ وأعاصيرٍ تُسبِّبُ أضراراً واسعةً النطاق تدميراً وقتلاً. أوَّلُ مُحاولَةٍ مُقنَّنةٍ لَتَبْيَانِ سُرْعَةِ الرِّيحِ كانت من وَضَعَ الأَمِيرال السَّير فَرَنْسِيْس بُوْفُورْت عامَ ١٨٠٥. فقد أَسْتَنْبَطَ مِقياساً يُساعِدُ البَحَّارَةَ في تَقْدِيرِ قُوَّةِ الرِّيحِ. قَديماً، كانت طاقَةُ الرِّيحِ تُسْتَخْدَمُ في طَحْنِ الحُبوبِ؛ وَحَدِيثاً لا تَرالُ طاقَةُ الرِّيحِ تُسْتَخْدَمُ رُغمَ كُلِّ التَّقْنِيَّاتِ الحَدِيثَةِ. فهي اليَومَ تُسَخَّرُ في إدارَةِ التَّربِيناتِ الهَوَائِيَّةِ لِتَوليدِ الكَهرباءِ.

٠ (صِفَر) هَواءٌ ساكِنٌ. دُخانُ المَداخِنِ يَصْغَدُ عَمودِيّاً.

١. هَواءٌ خَفِيفٌ - مُعَدَّلُ سُرْعَةِ الرِّيحِ ٣ كم/سا. يَتَحَرَّفُ الدُّخانُ قَلِيلاً.

٢. نَسِيمٌ خَفِيفٌ - سُرْعَتُهُ ٩ كم/سا. تَسْمَعُ خَفِيفُ أَوْرَاقُ الشَّجَرِ، وَتُجَسُّ بِالهَواءِ على وَجْهِكَ.

٣. نَسِيمٌ لَطِيفٌ - سُرْعَتُهُ ١٥ كم/سا. أَوْرَاقُ الشَّجَرِ وَأَغْصَانُها الطَّرِيئةُ تَتَحَرَّكُ، وَالْأَغْلَامُ تُرْفَرِفُ.

مِرياح (مِقياسُ رِيحٍ) مِنَ القَدْنِ التَّاسِعِ عَشَرَ.

مِرياح

المِرياحُ آلَةٌ لِمِقياسِ سُرْعَةِ الرِّيحِ. وَكانتْ أَوائلُ هَذِهِ الآلاتِ تَتَأَلَّفُ

مِنَ كُرَّةٍ تُدْفَعُ فَوْقَ مِقياسٍ مُدرَجٍ مَقْوَسٍ. أَمَّا مِقياسُ الرِّيحِ الحَدِيثُ فَيَتَأَلَّفُ مِن ثَلَاثَةِ أَكوابٍ أَوْ أَكْثَرَ مُوَكَّبةٍ على أَطرافِ أَذْرُعٍ تُدَوِّمُ حَوْلَ عَمودٍ قائِمٍ، فَتَسْجَلُ بِدَوْرانِها سُرْعَةَ الرِّيحِ على قُرْصٍ مُدرَجٍ.

مِقياسُ بُوْفُورْت

مِقياسُ قُوَّةِ الرِّيحِ هَذَا اعْتَمَدَ أَضْلاً على تأثيراتِ سُرْعَةِ الرِّيحِ على سَفينَةٍ سِراعِيَّةٍ كَاملَةٍ التَّجهيزِ، لِتَحَدِّدَ كَمِيَّةَ الأَسْرَعَةِ الَّتِي يَجِبُ نَشْرُها أَثناءَ هُبُوبِ الرِّيحِ المُخْتَلِفَةِ الشَّدَّةِ. وَلا يَرالُ هَذَا المِقياسُ يُسْتَخْدَمُ حَتَّى اليَومِ، وَقَدْ كُفِّتْ لِلاِسْتِخْدامِ على اليَابِسَةِ أَيَّضاً. يَتَأَلَّفُ المِقياسُ مِن ١٣ دَرَجَةٍ تُحَدِّدُ قُوَّةَ الرِّيحِ مِنَ السُّكُونِ التَّامِّ حَتَّى الأعاصيرِ.

السَّير فَرَنْسِيْس بُوْفُورْت

وُلِدَ السَّير فَرَنْسِيْس

بُوْفُورْت (١٧٧٤-١٨٥٧)

في إِرنلندا. وَالتَّحَقَّقَ

بِالْبَحْرِيَّةِ المَلِكِيَّةِ

الْبَرِيطانِيَّةِ، وَهو في الثَّانِيَةِ

عَشْرَةٍ مِن عُمرِهِ، فَقَضَى في

الِخِذْمَةِ الفِعالِيَّةِ أَكْثَرَ مِن ٢٠

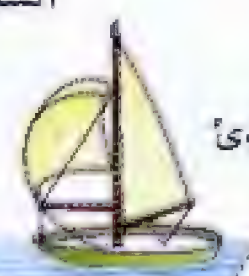
عاماً. اسْتَنْبَطَ بُوْفُورْت مِقياسَهُ

لِلرِّيحِ بَعْدَ سَنَواتٍ عَدِيدَةٍ مِن مُراقِبَةِ

السُّفُنِ في غُرُوضِ البَحْرِ.



عاصِف



هابِئ

٤. رِيحٌ مُعْتَدِلَةٌ - سُرْعَتُها ٢٥ كم/سا. الأَغْصانُ الصَّغِيرَةُ تَتَحَرَّكُ؛ وَقُصَاصاتُ الوَرَقِ تَتَطَّايَرُ.

٥. رِيحٌ نَشِيطَةٌ - سُرْعَتُها ٢٥ كم/سا. الأشجارُ الصَّغِيرَةُ تَأْخُذُ بِالنَّمْواجِ.

٦. رِيحٌ قَوِيَّةٌ -

سُرْعَتُها ٤٥ كم/سا.

يَصْغُبُ التَّحَكُّمُ بِالْمِظَلَّةِ؛

وَالأَغْصانُ الكَبِيرَةُ تَتَحَرَّكُ.

٧. شِبْهُ النُّوءِ - سُرْعَةُ الرِّيحِ

٥٦ كم/سا. تَتَمَواجُ الأشجارُ بِكاملِها.

٨. نُّوءٌ - سُرْعَةُ الرِّيحِ ٦٨ كم/سا. صُغْبُوبَةُ

السَّيرِ ضِدَّ الرِّيحِ. تَتَقَصَّفُ الأَغْصانُ الطَّرِيَّةُ.

٩. نُّوءٌ عَنيفٌ - سُرْعَةُ الرِّيحِ ٨١ كم/سا.

تَتَقَصَّفُ الأَغْصانُ وَتَتَطَّايَرُ أَغْطِيَةُ المَداخِنِ.

١٠. عاصِفَةٌ - سُرْعَةُ الرِّيحِ ٩٤ كم/سا.

تَتَضَرَّرُ المَنازِلُ وَتَقْتُلُغُ الأشجارُ.

١١. عاصِفَةٌ عَنيفَةٌ - سُرْعَةُ الرِّيحِ

١١٠ كم/سا. دَمَاجٌ بِالِغِ.

١٢. إِعصارٌ - سُرْعَةُ الرِّيحِ أَكْثَرُ مِن ١١٨ كم/سا.

دَمَاجٌ وَاسِعُ النِّطاقِ.

مِهرجَانُ الطَّائِراتِ الوَرَقِيَّةِ

طَيَّرَ الصِّينِيُّونَ طائِراتٍ وَرَقِيَّةً مَنذُ

٢٥٠٠ سَنَةٍ؛ أَمَّا اليَومُ، فَيَطَيِّرُها

النَّاسُ في سائِرِ أَنحاءِ العالَمِ

لِلتَّسْلِيَةِ. وَفي اليابانِ، تُرَبِّى

الطَّائِراتُ الوَرَقِيَّةُ التَّقْلِيدِيَّةُ

بِشَخْصِيَّاتٍ أَوْ حَيَواناتٍ أُسطُوريَّةِ

تُرْمَرُ إلى أَشْياءَ مُخْتَلِفَةٍ.

لِمَزيدٍ مِنَ المَعلوماتِ انْظُرْ

مَصادِرُ الطَّاقَةِ ص ١٣٤

الرِّيحُ ص ٢٥٤

الأعاصيرُ ص ٢٥٨

الأعاصيرُ الدَّوامِيَّةُ ص ٢٥٩



# البرق والرعد

تتكوّن السُّحُبُ الرَّعَادَةُ القَائِمَةُ في الأيامِ الرُّطْبَةِ الحَارَّةِ ويبلغُ عَرْضُ السَّحَابَةِ منها قُرَابَ ٥ كم وأَرْتِفَاعُهَا ٨ كم. وكثيرًا ما تكونُ العاصِفَةُ الرعدِيَّةُ وَحْدَةً أو «خَلِيَّةً» قائِمةً بذاتها، ضِمْنَ مَجْمُوعَةٍ من العواصفِ التي قد يبلغُ عَرْضُهَا ٣٠ كم، وقد تستمرُّ حَمْسَ سَاعَاتٍ أو أكثر. وقد تُصْبِحُ الخَلِيَّةُ الواحدةُ أحيانًا «عاصِفَةً فائِقةً» يَزِيدُ عَرْضُهَا على ٥٠ كم، وقد تُنتِجُ بَرْدًا كَبِيرًا مَضْحُوبًا بِالْبَرْقِ والرَّعْدِ. وإذا كانتِ العاصِفَةُ في السَّمَاءِ فَوْقَ، فَستَسْمَعُ الرَّعْدَ وترى البرقَ في آنٍ معًا. أمَّا إنْ كانتِ بعيدةً فَستَرى البرقَ أَوَّلًا، لأنَّ الضوءَ أسرعُ من الصوتِ بكثير. وإذا حَسَبْتَ الثَّوَانِي الفاصِلَةَ بين رُؤْيَا البرقِ وَسَمَاعِ الرَّعْدِ فَيُمْكِنُكَ تَقْدِيرُ بُعْدِ العاصِفَةِ عَنْكَ، بالكيلومتراتِ، بِقِسْمَةِ ذَلِكَ الْفَارِقِ على ٣.

البرق

الصَّفْحِي

إذا أُنَارَ وَبَيَضَ البرقُ السَّمَاءَ، فهو بَرْقٌ صَفْحِي يُخْلُثُ دَاخِلَ السَّحَابَةِ الرَّعْدِيَّةِ كَتَفْرِيعٍ بَرْقِيٍّ دُونَ أَنْ يَهَيِّطَ إِلَى الْأَرْضِ.



الشَّحْنَاتُ

الكهربائية

إنْ تصادمتْ

جُسيماتِ

الماءِ والجليدِ

دَاخِلَ سَحَابَةٍ

رَعَادَةٌ يُولَّدُ رَكْمًا من الكهربائيَّةِ السَّاكِنَةِ؛ فتتراكمُ الشَّحْنَاتُ المُوجِبَةُ في أَعْلَى السَّحَابَةِ، وتحتشدُ الشَّحْنَاتُ السَّالِبَةُ في أَسْفَلِهَا مُحَاوِلَةً الإقْلَاتِ نَحْوَ الْأَرْضِ. وعندما يَبْلُغُ فَرْقُ الجُهدِ بين الشَّحْنَاتِ حَدًّا كافيًا، يَومِضُ التَّفْرِيعُ البَرْقِيُّ من أَسْفَلِ السَّحَابَةِ نَحْوَ أَعْلَاهَا أو مِنْ أَسْفَلِهَا نَحْوَ الْأَرْضِ.



العاصِفَةُ الرَّعْدِيَّةُ

تتكوّنُ السُّحُبُ الرَّعَادَةُ عندما

يُتَدَفَّعُ الهَوَاءُ الرُّطْبُ الدَّاخِلِي

صُعْدًا فِي أَعَالِي الْجَوِّ

وَيَبْرُدُ بِشِدَّةٍ فَجَاءَةً؛

فَيَتَجَمَّدُ بَعْضُ الْمَاءِ

دَاخِلَ تِلْكَ

السَّحَابِ. وَيَفْعَلُ

تِيَارَاتِ الْهَوَاءِ

القُوَّةُ تصادمُ

بَلُورَاتِ الْجَلِيدِ

وَقُطْرَاتِ الْمَاءِ فَيَقْبِضُ

الْجَلِيدُ جُسيماتٍ دَقِيقَةً

مُشْحُونَةً تُدْعَى الْإِكْتِرُونَاتِ،

وهكذا يَتَشَكَّلُ تَرَاكُمٌ من

الشَّحْنَاتِ الكهربائيَّةِ. هَذِهِ الشَّحْنَاتُ

تُطْلَقُ بِصَاعِقَةٍ بَرْقِيَّةٍ تُسَخِّنُ الْهَوَاءَ حَوْلَهَا إِلَى

درجَةِ حرَارَةٍ تَفُوقُ التَّصَوُّرَ، تَقَارِبُ ٣٠,٠٠٠ س - أي خَمْسَ

مُرَّاتٍ أَجْرًا من درجَةِ حرَارَةِ سَطْحِ الشَّمْسِ. هَذِهِ الحرَارَةُ الفَائِقَةُ

تُسَبِّبُ تَمَدُّدَ الْهَوَاءِ بِسُرْعَةٍ كَبِيرَةٍ - تَزِيدُ عَلَى سُرْعَةِ الصَّوْتِ فِي

الْهَوَاءِ؛ وَهَذَا يُسَبِّبُ قُصْفَ الرَّعُودِ.

البرق المُتَشَعِّبُ

يبدأ البرقُ المُتَشَعِّبُ عندما تَتَعَرَّجُ

«صَاعِقَةٌ طَلِيعِيَّةٌ» نَحْوَ الْأَرْضِ بِسُرْعَةٍ

١٠٠ كم/سا مُتَّخِذَةً أَسهَلِ الْمَسَارَاتِ.

فَتُحْدِثُ مَسَارًا من الْهَوَاءِ الْمُشْحُونِ كهربائيًا

لِصَاعِقَةٍ رَجْعِيَّةٍ، أو رَيْسِيَّةٍ، تَنْطَلِقُ مُرْتَدَّةً فِي

الْبُرْقِ؛ وَهَذِهِ الصَّاعِقَةُ الْمُرْتَدَّةُ هِيَ الَّتِي تُشَاهِدُهَا.

الْأَمْكِنَةُ الْآمِنَةُ

إذا فَاجَأَتْكَ عاصِفَةٌ رعدِيَّةٌ خَارِجَ الْبَيْتِ، فَتَجَنَّبِ اللُّجُوءَ تَحْتَ شَجَرَةٍ بِاسِيفَةٍ

مَعْرُوزَةٍ. فَالتَّفْرِيعُ البَرْقِيُّ يَتَوَخَّى دَوْمًا أَسْرَعَ الْمَسَارَاتِ إِلَى الْأَرْضِ،

وَقَدْ يَضْرِبُ الشَّجَرَةَ. إِنَّ دَاخِلَ السَّيَّارَةِ هُوَ أَحَدُ أَكْثَرِ الْأَمَاكِنِ أَمَانًا مِنْ

الصَّوَاعِقِ. فإِذَا ضَرَبَتِ الصَّاعِقَةُ سَيَّارَةً، فَإِنَّ هَيْكَلَهَا الْفُولَادِيَّ

يُمَرِّرُ الْكهرباءَ

عَلَى سَطْحِ السَّيَّارَةِ

إِلَى الْأَرْضِ.



إِلَهُ الرَّعْدِ

كَانَ ثُورُ إِلَهِ الرَّعْدِ عِنْدَ

الْإِسْكَندَانِيَّينَ الْقَدَمَاءِ؛ وَيُمَثِّلُ

هَذَا بِمِثَالِ برونزيٍّ من القرنِ

الْعَاشِرِ فِي آيسْلَنْدَا. وَيُزَعَمُ أَنَّهُ

كَانَ رَجُلًا ضَخْمًا أَحْمَرَ

شَعْرَ الرَّأْسِ وَاللَّحْيَةِ ذَا قُوَّةٍ

وَقُدْرَةٍ هَائِلَتَيْنِ. فَكَانَتْ

سِيَهَامُهُ الْبَارِقَةُ تُسْقِطُ

الصَّوَاعِقَ مِنَ السَّحَابِ

حَسَبَ أَعْتِقَادِهِمْ.



لمزيد من المعلومات انظر

الكهربائية الساكنة ص ١٤٦

الكهرباء التيارية ص ١٤٨

الصوت ص ١٧٨

الضوء ص ١٩٠

البرد ص ٢٦٧

الشمس ص ٢٨٤



# الأعاصير

الأعاصير (وتُسمى أحياناً العواصف المدارية) تستطيع اقتلاع الأشجار وتدمير المباني وإتلاف المحاصيل. والأمطار الغزيرة التي ترافقها تحدث فيضانات؛ وقد تُعمر المناطق الساحلية بالأمواج الضخمة المندفعة برياح عاتية تقارب سرعتها ٣٠٠ كم/سا. تأخذ الأعاصير بالتكوّن عندما تثير حرارة الشمس الهواء الرطب صعوداً فوق المحيطات حيث تتجاوز درجة الحرارة ٢٧°س. في البداية قد يبلغ قطر دائرة المنخفض الجوي في مركز (أو عين) العاصفة ٣٠٠ كم، ولا تتجاوز شدة الريح مستوى النوء. لكن مع تضيق قطر عين العاصفة إلى حوالي ٥٠ كم، تأخذ الريح بالتدويم حول العين بزخم إعصاري.



## الإعصار أندرو

اكتسح الإعصار أندرو ولاية فلوريدا، بالولايات المتحدة عام ١٩٩٢. وأُنذِر الناس بقدوم الإعصار فجلاً الكثير منهم عن المنطقة. وكانت خصيلة الإعصار مقتل ١٥ شخصاً وبقاء ٥٠ ألفاً دون مأوى.

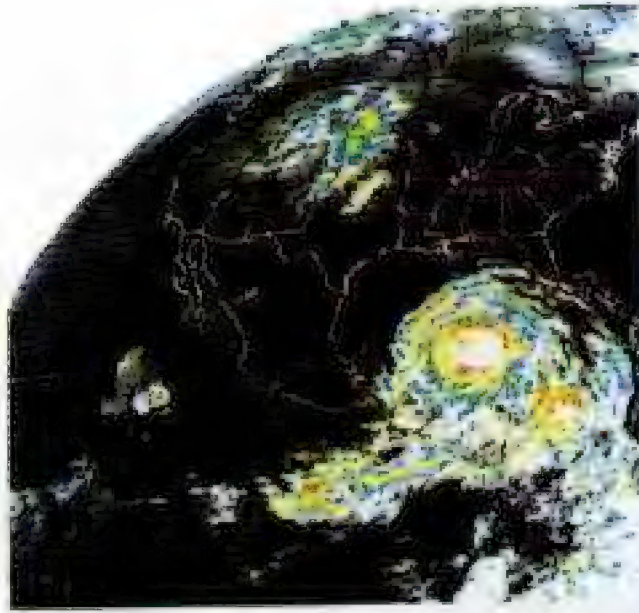
يُدوّم الهواء شَرّاً (بعكس اتجاه عقارب الساعة) في أعاصير نصف الكرة الشمالي، وبثّاً (باتجاه عقارب الساعة) في نصف الكرة الجنوبي.

يحاول العلماء تكوين عين ثانية في الإعصار عن طريق دُرّ بلورات الملح أو الجليد أو يُوَدِد الفضة. فبالتصال هذه العين بعين الإعصار الأولى، يتكوين عين كبيرة واحدة، يُمكن خفض سرعة الريح.

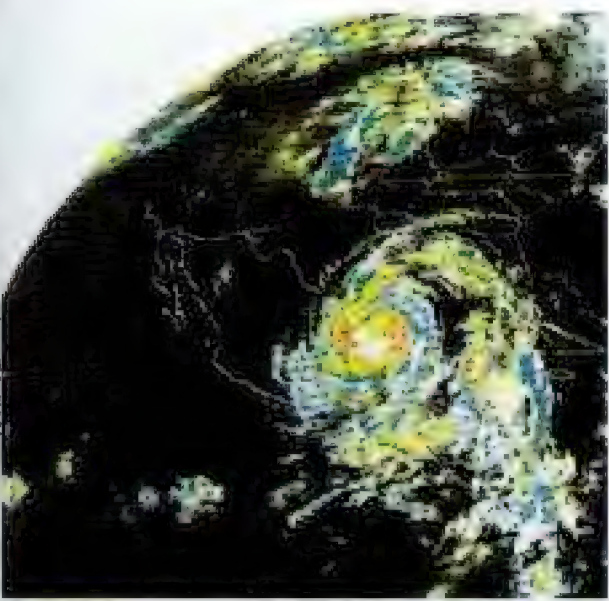
دائرة ضخمة من السحب تشكلت بانتشار الهواء من قمة العاصفة.

عين الإعصار

١. في بدء الإعصار، يُشَقط الهواء نحو مركز المنخفض الجوي (حيث الضغط الخفيض) مُتَّبِعاً رياحاً سطحية عاتية.

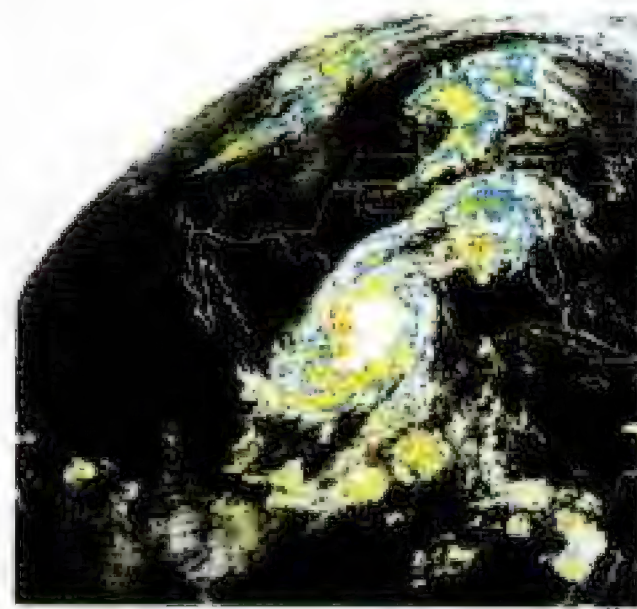


٢. إذا كانت عين الإعصار واسعة جداً، تكون الرياح المحيطية ضعيفة. لكن مع تضيق عين الإعصار تزداد الرياح سرعةً وغنفاً.

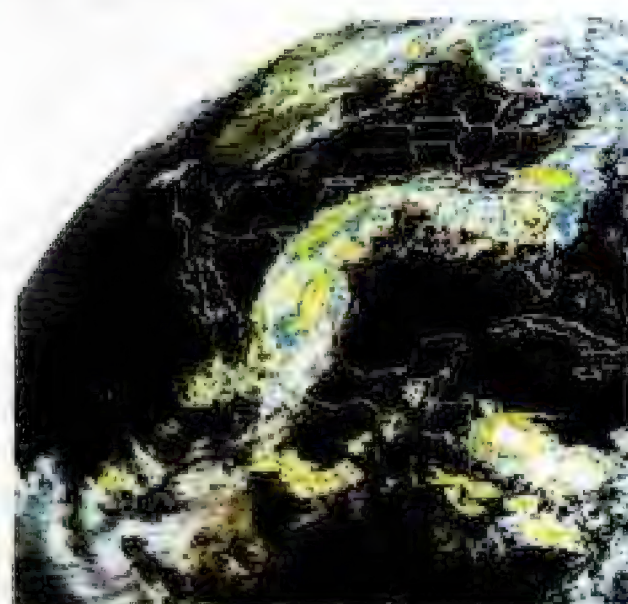


## عاصفة أو إعصار؟

يترصد علماء الأرصاد الجوية الأعاصير المحتملة؛ فُتُخَدَم السواتل لإلتقاط صور المُتَشَتَات منها. وتُساعد صور السواتل هذه علماء الأرصاد في كشف المواقع التي يُحتمل فيها تحوّل العاصفة إلى إعصار. والتنبؤ عن مساره المُرجح.



٣. مع تقدّم الإعصار، تزداد سرعة الهواء في تدوّم ضوفاً في مسار لولبي هائل.



٤. في أوج قوّة الإعصار، تدوّم الرياح بسرعة تفوق ١١٨ كم/سا؛ ولا تخفّ جذته إلا بعد مروره فوق اليابسة أو فوق مياه أبرد - أقل من ٢٧°س.

## ماذا يحدث في الإعصار؟

عين الإعصار، في مركزه، منطقة هادئة ينشأ حولها صعوداً عموداً ضخماً من الهواء الرطب الحار. وفي مساره اللولبي إلى أعلى يبرد هذا الهواء وتكثف رطوبته أمطاراً. ومع أن أعزّز الأمطار وأغنى الرياح تحدث بمحاذاة عين الإعصار، فإن آثاراً أخفّ جدّة يُمكن ملاحظتها على بُعد ٤٠٠ كم منها.

## كليمنت راج

الأسترالي كليمنت راج (١٨٥٢-١٩٢٢) هو

صاحب فكرة تسمية الأعاصير بأسماء نسوية؛ ويُقال إنه كان يختار لها أسماء نساء يكرههن! ومنذ عام ١٩٧٠،

تقرّر وضع لائحة أبجدية، سنوياً، تحيل أسماء نسوية ورجالية متناوبة؛ وكلما اكتشفت إعصار جديد، يُعطى الاسم التالي على اللائحة.



## لمزيد من المعلومات انظر

ضغط الهواء ص ٢٥٠  
الرطوبة ص ٢٥٢  
قوة الرياح ص ٢٥٦  
تكوّن السحب ص ٢٦٢  
المقلّر ص ٢٦٤  
التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠



# الأعاصير الدوامية

ريّح الإعصار الدوامي (الظنّاد) هي أشدّ الرياح سرعةً على سطح الأرض، فقد تبلغ سرعتها في عمود الهواء القمعيّ المدوم ٥٠٠ كم/سا - وهي أعلى بكثير من سرعة الرياح داخل الإعصار المداري. ولا يستطيع العلماء قياس السرعة القصوى في الظنّاد لأنّ آلات الرصد تتحطّم في رياحه الزّعازع. الظنّادات زوابع صغيرة فائقة القدرة تنشأ فجأةً، في مجموعات غالباً، وهي أكثر شيوعاً وعنفاً في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يثور منها أكثر من ٥٠٠ سنوياً. ويتراوح قطر الظنّاد بين بضعة أمتار ومنه متر، وقد يبلغ مداه ٢٠٠ كم. وهو في مساره يسقط كل شيء، بما فيه الأشجار والمباني والقطارات، ثمّ يسقطها حين وحيث تخور قواه.



يحدث مسارّ حلزونيّ في القارورة الغلويّة.

## ظنّاد في قارورة

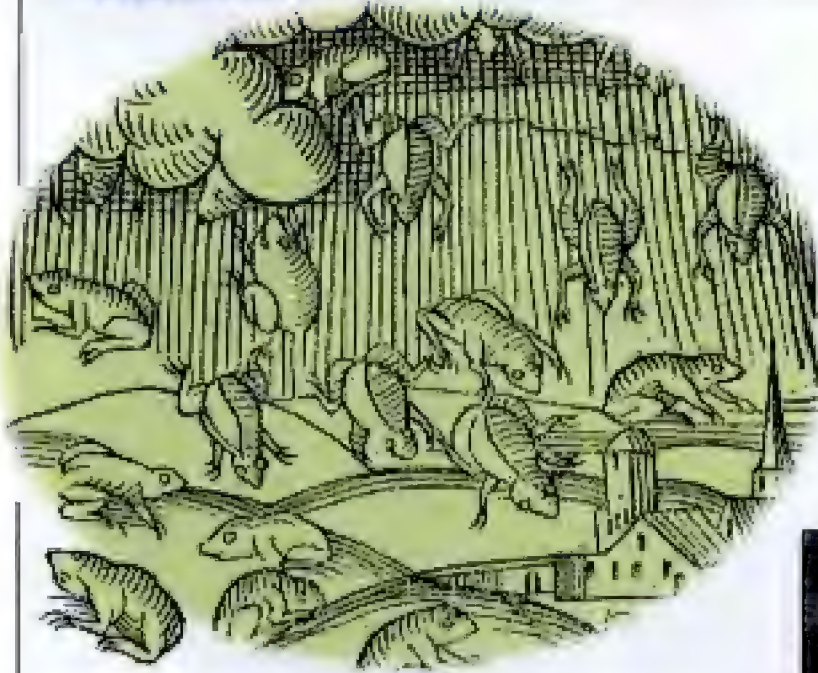
لبيان طريقة حصول الإعصار الدوامي (الظنّاد)، حُدّ قارورتين ذواتيّ سدّاتين لولبيتين وعُرّ السدّاتين معاً. أُثبّت ثقباً صغيراً في كلا السدّاتين بمسامير مُناسب. إملاً إحدى القارورتين حتى ثلاثة أرباعها ماء، وثبّت السدّاد المزدوج. ثمّ ثبت القارورة الفارغة في السدّاد فوق القارورة المملّاء. إقلب القارورتين رأساً على عقب ودوم الماء قليلاً ليبدأ انطلاقه. راقب المسارّ الحلزونيّ، في الوسط، الشبيه بالظنّاد.

## تكوّن الإعصار الدوامي

يتكوّن الإعصار الدوامي (الظنّاد) حينما ينتشر عمودٌ طويلٌ قمعيّ الشكل من الهواء الساخن بسرعةٍ ضِعْداً، من الأرض إلى سحابةٍ رعديةٍ في الغالب. وقد يحدث الظنّاد أيضاً عندما تسخن الأرض بشدّة وتبدأ كتلةٌ فقاعيةٌ من الهواء بالارتفاع. في أمريكا الشماليّة، تتكوّن الأعاصير الدوامية عندما ينساب الهواء الجافّ البارد من جبال الروكي شرقاً فوق هواءٍ رطبٍ ساخن، مُتطلّقي شمالاً، من خليج المكسيك. فإذا برمت رياحٌ قويّةٌ تيارَ الهواء الصاعد وبدأت تدويمه، فقد يتحوّل هذا إلى ظنّاد.

يمتدّ قلع الهواء المدوم إلى الأرض كمكبسة كهربائية ضخمة.

الضغط في مركز الظنّاد أخفض من الضغط الجويّ العاديّ بمئات المي بار. لذا تتفجّر المباني بأنفعاخ الهواء من داخلها نحو منطقة الضغط الخفيض.



## مطر الغرائب

عندما يفقد الظنّاد طاقته ويخور، تتساقط منه الأشياء التي كان سقطها، أو التقطها، مطراً غريباً - كأنّ يُمطر ضفادع مثلاً. فالظنّاد أثناء مروره فوق البحر، يسقط المياه وما تحويه من أسماك صغيرة وشفادع، وقد يحملها مسافات طويلة قبل أن يسقطها.

## مقياسُ تورو

تتكوّن الأعاصير الظنّادية فجأةً، فيستحيل التنبؤ بزمنها ومكانها. لذا فإنّ الإنذارات بها تُعمّم عندما تكون الأحوال الجوية مهيّأة لحدوثها؛ وتتابع تلك الإنذارات بتحذيرات مُجدّدة أحدث كلّما تحدّدت مواقع واتجاهات تلك الأعاصير. يصنّف مقياسُ تورو، لبشدة الأعاصير، سرعة الإعصار الدوامي وقدرته التدميرية على مقياس مُدرّج من ٠ (صفر) إلى ١٢ درجة. فمثلاً على درجة تورو «١» الظنّاد خفيف، يقتلع الأشجار الصغيرة ويتزعزع أغصان المداخن؛ بينما على درجة تورو «١٢»، الظنّاد أعظميُّ يحدث دماراً شديداً حتى في المباني الخرسانية المسلّحة بالفولاذ.



## وحوش (أو هولات) البحر

الظنّاد المتكوّن فوق البحر يُدعى ظنّاداً مائياً. وحين يلاش الظنّاد سطح المحيط يسقط الماء صعداً داخل الرياح المدومة. فيبدو الظنّاد المائي كأنه مُنبثق من البحر كغبار هائل ذي لونٍ رماديّ قاتم. ولعلّ أمثال هذا المشهد هي أساس الأساطير حول الهولات والوحوش البحرية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- ضغظ الهواء ص ٢٥٠
- قوة الرياح ص ٢٥٦
- الأعاصير ص ٢٥٨
- السحب ص ٢٦٠
- المطر ص ٢٦٤



# السُّحُب

## السُّمُحاق

تتشكّل السُّحُب السُّمُحاقِيَّةُ في أعالي الحرّ - في الأعالي القارسة البرد حيث يتجمّد ماؤها إلى بلورات جليديّة - وتكوّن السُّحُب السُّمُحاقِيَّةُ أحياناً طبقةً كاملةً من الغيوم البيضاء.

السُّحُبُ مَسْؤُولَةٌ عن الكثير من مظاهر الطقس، وهي لذلك تُعطينا بعض أفضل الدلائل عن الأحوال الجوية التي قد تطرأ خلال الساعات أو الأيام القليلة المقبلة. فإذا ما طالعناك السماءُ بغيوم قاتمة مُلبّدة مُنذِرة، عرّفت أن احتمالات المطر الغزير مُرجّحة. أمّا السُّحُبُ المُنتفشَةُ البيضاء فتظهر في الأيام المُشمِسة الدافئة وتُبشّر باستمرار الطقس دافئاً وجافاً. هنالك ثلاثة أنواع رئيسيّة من السُّحُب هي: الرُّكامي (ذو الأكدايس المدوّرة على قاعدة مُسطّحة)؛ والطَّبقي (المُتشر في طبقات رُماديّة خفيفة)؛ والسُّمُحاق (المُتشر

الرفيق المُرتفع). وتُعتبر جميع أنواع السُّحُب الأخرى المُتباينة الأشكال والظلال مزيجاً أو أشكالاً مُختلفة من هذه الأنواع الثلاثة.

## الطقس في أجواء السُّمُحاق

غالباً ما تكون السُّحُب السُّمُحاقِيَّةُ أولى الدلائل على تنامي الطقس الجيد؛ فتبدو الشمس، كما القمر، من خلال السُّحُب الرقيقة المُرتفعة كأنّها تحيط بهما، وهي دلالة قويّة على قرب تساقط المطر.



## الرُّكامي

السُّحُبُ الرُّكاميَّةُ غيوم مُنتفخة بيضاء مُسطّحة القاعدة تبدو إلى حدّ كقطع القطن هائمة في الجوّ. ويسبب شكلها تسمّى أحياناً السُّحُب القنبيطيّة. تتكوّن السُّحُب الرُّكاميَّةُ بفعل هبات الهواء الدافئة المُندفِعة صُعداً والمعروفة بالتيّارات الحرارية الصاعدة.

## الطقس في أجواء الرُّكامي

كثيراً ما تُشاهد سُحُب رُّكاميَّة مُنتفخة صغيرة أيام الصيف الحارّة. وهي تُختفي ليلاً حين يبرد سطح الأرض، فلا يعود يُسخّن الهواء فوقه، ويتوقّف تصاعُد الهواء الدافئ الذي يكوّنها.



## الطَّبقي

تتشكّل السُّحُب الطَّبقيّة أنضاداً، تتنامى حتى لقد تملأ الفضاء بكامله. وفي المناطق الجبلية غالباً ما يتغطى سطح الأرض بطبقة من هذه السُّحُب على شكل سديم ضبابي رطب.

## الطقس في أجواء الطَّبقي

لعلّ السُّحُب الطَّبقيّة هي أكثر أنواع السُّحُب قبْضاً للشمس إذ إنّها تُجلب ظفناً عمّاً مُستمراً. رذاذاً بالمطر أو تساقطات الثلج.



## لوك هوارْد

في العام ١٨٠٣، استنبط لوك هوارْد (١٧٧٢-١٨٦٤)، حُطّة لتصنيف أنواع السُّحُب تبعاً لشكلها وعلوّها عن سطح الأرض. كان هوارْد صيدلياً وهاوياً أرضادياً حادّفاً. وقد حاول عبثاً إيجاد علاقة بين الطقس وأوجع القمر. وقد استُخدم هوارْد أسماء لاتينية لتمييز أنواع السُّحُب، إذ كانت اللاتينية قديماً الاستخدام في أنظمة تصنيف الحيوانات والنباتات.







# تكوُّن السُّحُب

يتشربُّ الهواءُ الماءَ من الأنهارِ والبحيراتِ والبحارِ كما الإسفنجُ. ويكونُ هذا الماءُ في الحالةِ الغازيةِ أي بخارًا. وبخارُ الماءِ هذا هو الذي يُكوِّنُ السُّحُبَ، إذ إنَّ السُّحُبَ تتألَّفُ أساسًا من قطراتِ الماءِ. عندما يرتفعُ الهواءُ، الملامسُ لسطحِ الأرضِ، في الجوّ يبرُدُ، ويتكثَّفُ بعضُ من بخاره قطراتٍ تتجمَّع فتكوِّنُ السُّحُبَ. أسبابُ ارتفاعِ الهواءِ في الجوّ عديدةٌ: فقد يرتفعُ لِسُخُونَتِهِ بِمُلامَسَتِهِ سَطْحَ الأرضِ الدافئِ، أو لأنَّ جَبْهَةً من الهواءِ الباردِ اندفعتْ تحتَ الهواءِ الساخنِ رافعةً إيَّاهُ إلى أعلى، أو قد يرتفعُ في مساره صاعدًا عبرَ التلالِ والجبالِ.



## سحابة في قارورة

يُمكنك تَخْلِيْقُ سَحَابَةً في قَارُورَةٍ لَدَائِنَةٍ كَمَا يلي: إمْلَأِ القَارُورَةَ مَاءً حَارًّا (لا تستعمل ماءً في درجة الغليان لئلا تنصهر القارورة). أتركِ القارورةَ لِمُدَّةِ خَمْسِ دَقَاقٍ ثُمَّ أَفْرِغِ ثَلَاثَةَ أَرْبَاعِ المَاءِ مِنْهَا. الآنْ ضَعِ مُكْعَبَيْنِ مِنَ الجليدِ (في طبقٍ) فوقَ فَتْحَةِ القَارُورَةِ وراقِبِ التغيُّمَ الحاصِلَ. يَحْصُلُ التغيُّمُ لأنَّ بعضَ الماءِ يتحوَّلُ إلى بخارٍ في الهواءِ الدافئِ، وعندما يَمُرُّ هذا بالمنطقةِ الباردةِ قُربَ مُكْعَبَي الجليدِ، يتحوَّلُ بخارُ الماءِ إلى قطراتٍ تُكوِّنُ السَّحَابَةَ.



مع توالي ساعات النهار يتزايدُ الهواءُ الساخنُ المرتفعُ، ويتزايدُ بالتالي تكاثُّفُ البخارِ، فتتضخَّمُ السُّحُبُ أكثرَ فأكثرَ.

يردُّ الهواءُ أثناءَ ارتفاعِهِ ويتكثَّفُ محتواه من بخارِ الماءِ قطراتٍ تتجمَّع فتكوِّنُ السُّحُبَ.

الشَّمْسُ تُسخِّنُ سَطْحَ الأرضِ، فيسُخِّنُ الهواءُ الملامسُ له، ويرتفعُ في الجوّ.

## السُّحُبُ والنَّدَى

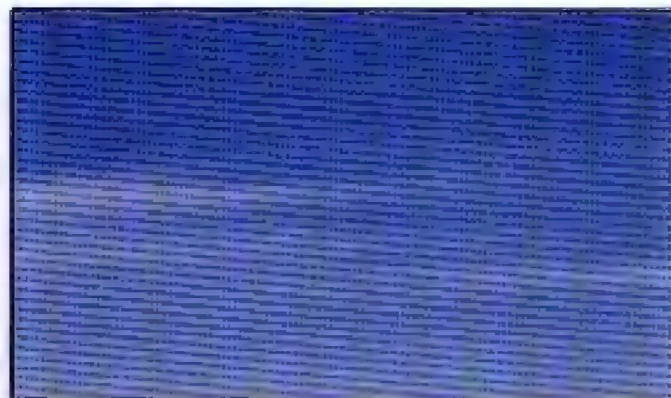
تكوِّنُ السُّحُبُ عندما يرتفعُ بخارُ الماءِ في الهواءِ عاليًا في الجوّ فيبرُدُ ويتكثَّفُ. وتُسمَّى درجة الحرارة التي يبدأ عندها التكاثُّفُ نقطةَ الندى أو نقطةَ التكاثُّفِ - علمًا أنَّ بخارَ الماءِ لا يتحوَّلُ إلى قطراتٍ ما لم تتواجد في الهواءِ جُسيماتٌ صغيرةٌ، كالغبارِ أو الدُّخانِ، يتكثَّفُ عليها - فلا تتكوَّنُ السُّحُبُ إذا كانَ الهواءُ نظيفًا بالغِ النقاوةِ.

## التياراتُ الحراريةُ الصاعدة

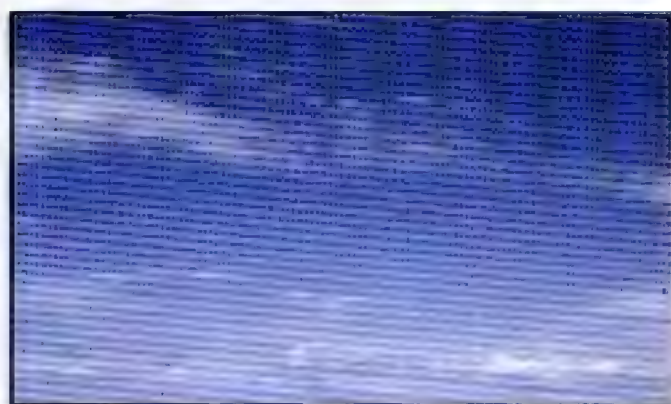
تكوِّنُ السُّحُبُ علامةً مفيدةً لِرَبَابَةِ الطائراتِ الشراعيةِ

يستريحون بها إلى مواقع تصاعدِ الهواءِ الدافئِ. فيفيدُ هؤلاء من تياراتٍ حراريةٍ صاعدةٍ لتكسبهم رَفْعًا. كذلك تَستَخدِمُ

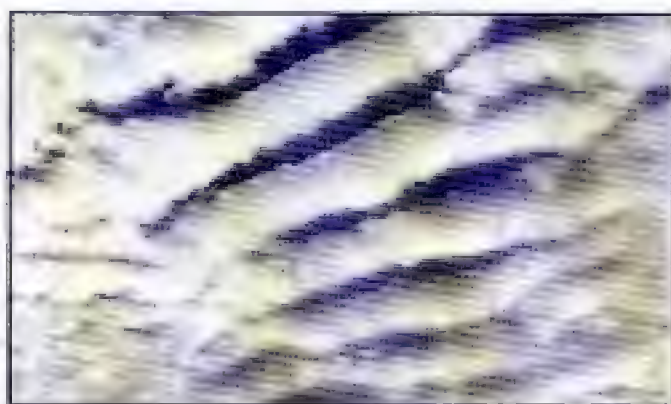
كوايسرُ الطيرِ التياراتَ الحراريةَ الصاعدةَ لِتُساعدَها في البقاءِ مُحَلِّقَةً في الهواءِ تُفَتِّشُ عن طعامٍ لها على سَطْحِ الأرضِ.



على المِغِيَامِ الثُّمَانِي، يُمَثِّلُ الحَظُّ العموديُّ، عِزَّةُ الدَّائِرَةِ، أو كُتَا «١». وهذا يعني أنَّ الغطاءَ الغيمِيَّ رقيقٌ جدًا.



أو كُتَا «٤» تُعْنِي أنَّ نِصْفَ السَّمَاءِ مُغَطًى بِالْغُيُومِ. وتُمَثِّلُ بِنِصْفِ دَائِرَةٍ مُظَلَّلَةٍ.



أو كُتَا «٨» هي أعلى درجة على المِغِيَامِ الثُّمَانِي. وتُعْنِي أنَّ السَّمَاءَ مُغَطَاةً تَمَامًا بِالْغُيُومِ. وتُمَثِّلُ بِدَائِرَةٍ مُظَلَّلَةٍ بِالكَمَالِ.

## قياسُ التغيُّمِ

يَقِيسُ علماءُ الأرصادِ الجويةَ كَمِّيَّةَ الغُيُومِ التي تُغَطِّي السَّمَاءَ بِوَحْدَةٍ تدعى أوكتا؛ حيث تُمَثِّلُ الأوكتا الواحدة تَغْطِي ثُمْنِ السَّمَاءِ بِالْغُيُومِ. وتُمَثِّلُ عَدَدُ الأوكتاتِ على خَارِطَةِ الطَّقْسِ بدَائِرَةً جُزْئِيَّةً التَّظْلِيلِ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيُّراتُ الحالة ص ٢٠
- القوى في الموانع ص ١٢٨
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- ضَغْطُ الهواءِ ص ٢٥٠
- السُّحُبُ ص ٢٦٠
- الصَّقِيعُ والنَّدَى والجليد ص ٢٦٨
- دوراتُ في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢



# الضباب والشفورة والضخان



خَفَضَ ضوء المصابيح الأمامية. تحول دون انعكاسها على قطرات الماء في الضباب مباشرة نحو السائق.

## السياسة في الضباب

على سائقي السيارات الاحتياض الشديد من الضباب، وعليهم خفض نور مصابيح سياراتهم الأمامية نحو الأرض. إن توجية أنوار هذه المصابيح بكامل شدتها عاليًا بموازاة الطريق يُسوّش الرؤية لأنّ النور المنعكس على قطرات الماء في الضباب يرتدّ نحو عيني السائق مباشرة.



## الضخان

الضخان مزيج من الدخان والضباب.

ففي المدن الكبرى، يحوي الهواء

قيّصًا من الجسيمات الإضافية بفعل الدخان المنطلق من مختلف المصانع والصناعات؛ فيتكثف بخار الماء على تلك الجسيمات مكونًا الضخان. وتزيد الأمر سوءًا ظاهرة الانقلاب - أي ازدياد درجة الحرارة بالارتفاع بدل أن تنخفض - فتتجمع طبقة الهواء الدافئ فوق الهواء السطحي، والملوثات التي يحتويها، من الارتفاع. ويمكن حدوث هذا أيضًا في مناطق مثل لوس أنجلوس، في كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، حيث يُحتبس الهواء بفعل الجبال المُكتنفة.

## ضباب الإشعاع الأرضي

النوع الشائع من الضباب هو ضباب الإشعاع. ففي الليالي الصافية والسماء خلوًا من غيوم تخسّس الحرارة، يبرّد سطح الأرض بسرعة، لِكثرة ما يُسَّع من حرارة الأرض، ويبرّد كذلك الهواء المُلامس له. فإذا انخفضت درجة الحرارة دون درجة الندى، يتكثف بخار الماء في الهواء مكونًا ضبابًا على مقربة من سطح الأرض.

الهواء الدافئ فوق يمتنع إقلاّت الضباب.

يتكوّن الضباب فوق البحر



## ضباب تأقفي

يتكوّن الضباب والشفورة غالبًا فوق الأنهار والبحار. فيتبخّر الماء من النهر أو البحر؛ وفي صباح باكر بارد، يتكثف إلى شفورة فوق المياه. وعندما يهبّ هواء دافئ فوق البحر البارد يتشجّ نوع من الضباب يُعرف بالضباب التأقفي. وهو في الواقع طبقة من الضباب تتكوّن فوق الماء مباشرة مُفحمة بين مياه البحر والهواء الدافئ فوقها. ولا يندفع الضباب التأقفي نحو البر إلا إذا كانت الأرض من حوله خفيفة.

السحب التي تتكوّن قرب سطح الأرض تُدعى ضبابًا أو شفورة. وهي، كسواها من السحب، تتكوّن بتكثف بخار الماء، في الهواء المُشبع، عندما يلامس الهواء أرضًا باردة. وإذا كان مدى الرؤية عبر

السحاب يتراوح بين كيلومتر واحد وكيلومترين يُعرف هذا السحاب بالشفورة؛ أمّا إذا كان المدى دون الكيلومتر الواحد فيسمّى السحاب ضبابًا. والضباب الكثيف هو أكثر السحب خطورة على جميع وسائل النقل - من سيارات وسفن وطائرات.



## ضباب جبال الجليد

تُغطّي جبال الجليد غالبًا بالضباب لأنّ الهواء حولها بارد والمياه، حيث هي طافية، أدفأ. وهكذا يتكثف الماء المُسخّر في الهواء البارد حول جبل الجليد مكونًا ضبابًا. في العام ١٩١٢، اصطدمت باخرة التيتانيك بجبل جليد فانشطرت وهلك الكثيرون، لأنّ بخارنها رُبما لم يروا جبل الجليد المُحاط بضباب كثيف.



## الضخان الأصفر الكثيف

حدث مرّة أن غطى الضخان الأصفر الكثيف مدينة لندن، بإنكلترا، كما يبدو في الصورة أعلاه المُلتقطة عام ١٩٥٢. ويعزى ذلك أساسًا إلى فرط الدخان المُصاعد من حرق الفحم الحجري في المصانع والمنازل. ولم يكن ذاك الضخان ممّا يُستهان به، فقد تسرّب إلى داخل المباني مسببًا للكثيرين مشاكل في الحلق والعينين والتنفس؛ كما لاقي العديد من الناس حتفهم بسببه. والجدير بالذكر أن إبرام قوانين الهواء النظيف في الخمسينيات من هذا القرن جعلت مشاكل الضخان الكثيف الأصفر شيئًا من الماضي.

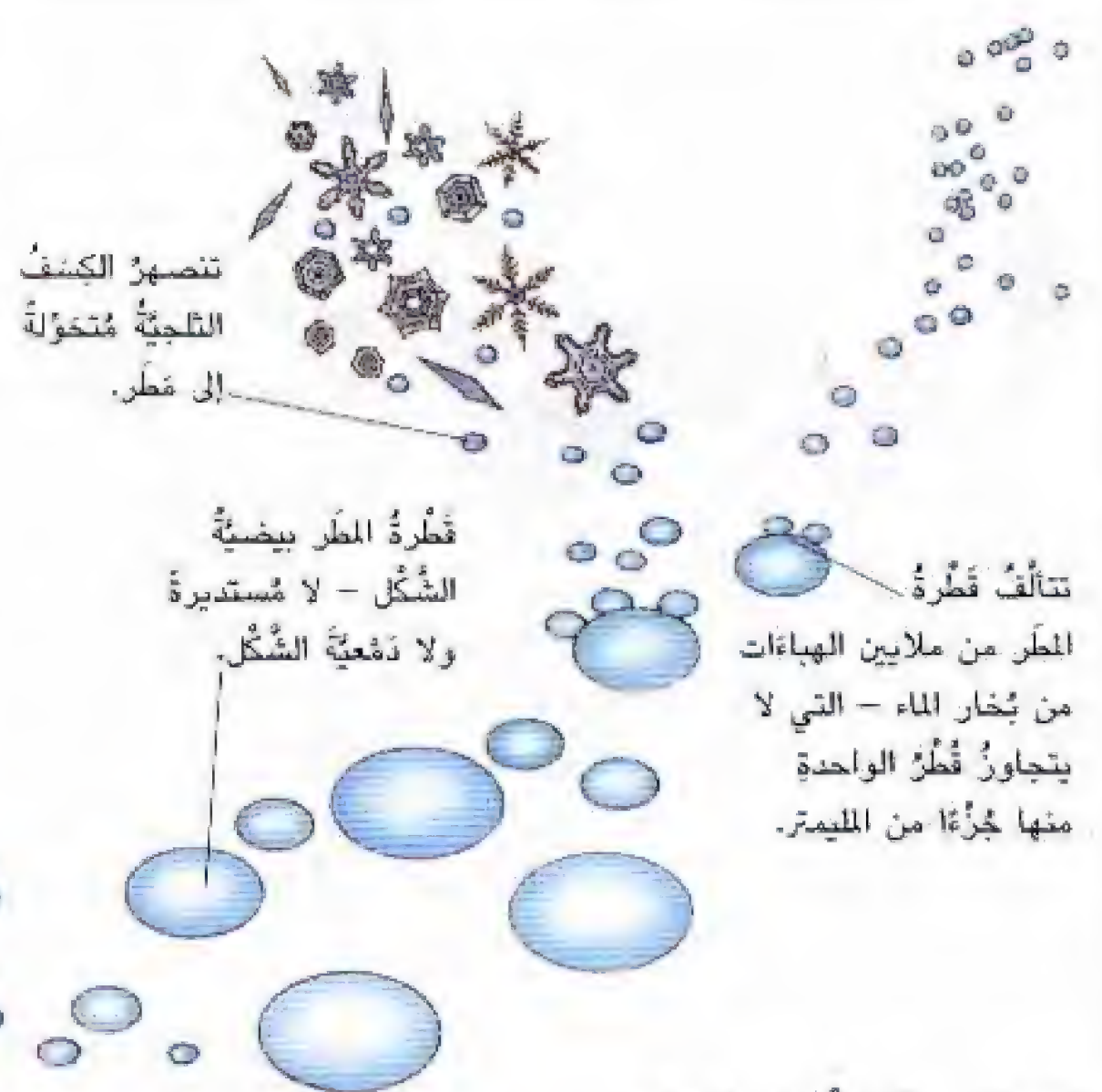
## لزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الانعكاس ص ١٩٤
- تكوّن السحب ص ٢٦٢
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢



# المطر

تعتمد الحياة في البر على المطر، فهو يُغذي الأنهار ويملأ البحيرات، ويجعل البزور تنبت وتُثمر، ويوفر لنا مياه الشرب. ففي بعض المناطق تُمجل الزروع إذا أنحسبت الأمطار موسماً واحداً فقط ويموت آلاف الناس جوعاً. كذلك فإن الأمطار المُفرطة الغزارة مُشكلة، فالفيضانات قد تدمر المنازل والمزارع وتقضي على الكثير من الأحياء البرية. والمعروف أن المطر لا يهطل من سماء زرقاء صافية، فهو لا يتكون إلا في السحب، وفي المُزني الركامي أو الطبقي منها عادةً. والماء الذي يهطل من السحب بمُختلف أشكاله يُدعى تساقطاً وتحدد درجة حرارة الهواء، داخل تلك السحب وخارجها نوعية هذا التساقط مطراً أو ثلجاً أو شفافاً أو برداً.



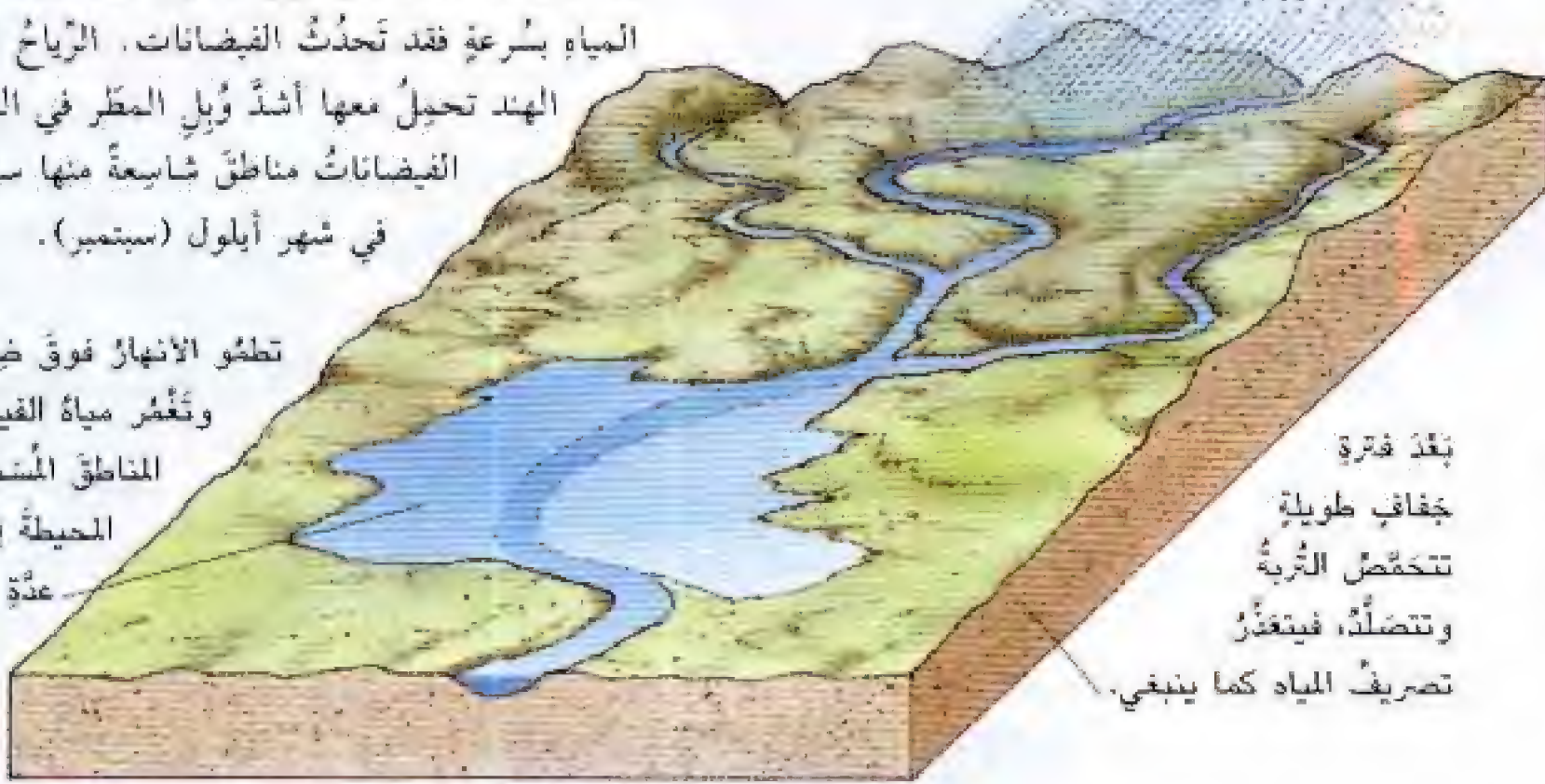
## كيف يتكوّن المطر؟

خارج المناطق المدارية، يبدأ معظم المطر ثلجاً حتى في فصل الصيف. ففي السحب العالية تكون درجة الحرارة دون درجة التجمّد، فتتكوّن البلورات الجليدية وتتنامى إلى كسيف ثلجية تسقط من السحاب فإذا كانت درجة حرارة الهواء الأقرب إلى سطح الأرض فوق درجة التجمّد، تنصهر تلك الكسيف الثلجية أثناء سقوطها وتهطل مطراً. أمّا في المناطق المدارية، حيث الغيوم دافئة، فتتكوّن المطر عندما تصادم قطرات الماء المجهرية وتتكتل معاً، فتثقل فوق إمكانية طفوها في الجو وتتساقط مطراً. وفي السحب الرقيقة يحدث التصادم بين قطرات أقل فتتكوّن قطرات المطر المُساقطة أصغر كثيراً وتُعرف بالردّاذ.

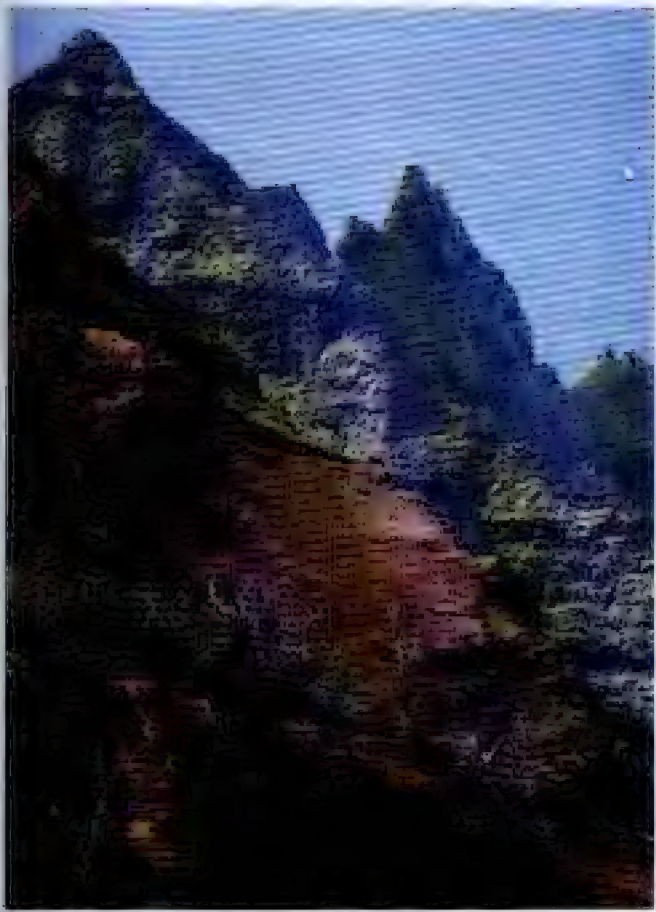
## الفيضان

إذا كان تهطل المطر غزيراً ومتواصلاً، وتغذّر تصريف المياه بسرعة فقد تحدث الفيضانات. الرياح الموسمية في الهند تحيل معها أشدّ وابل المطر في العالم، فتغمر الفيضانات مناطق شاسعة منها سنوياً - عادةً في شهر أيلول (سبتمبر).

تطمو الأنهار فوق ضفافها، وتغمر مياه الفيضان المناطق المسطحة المحيطة إلى عمق عدة أمتار.



## بيان المُصطلحات في خريطة مُعدّل المطر السنوي



## معدّلات المطر السنوية في العالم

تُحصل مناطق العالم المُختلفة على كمّيات مُختلفة من المطر؛ وذلك لأسباب عديدة. ففي المناطق المدارية مثلاً، تساقط الأمطار بغزارة لأن كمّيات كبيرة من مياه البحار الدافئة تتبخر وتتحوّل إلى غيوم. وتحصل المناطق الساحلية، القريبة من البحر، عادةً على كمّيات من المطر أكثر من المناطق الداخلية البعيدة عن البحر. وقد تغرّض سلاسل الجبال الرياح المُحمّلة بالغيوم المطيرة فتستمرّطها في جانب، وتبقى السفوح في الجانب الآخر جافة. أمّا في الصحاري الجافة فإن كُتل الهواء تسخن وتجفّ عند اقترابها من سطح الأرض.

## رقم قياسي لمعدّل المطر

على قمّة جبل واي إيلالي، في جزيرة كاواي، بهواي، يهطل المطر حوالي ٣٥٠ يوماً في السنة، فيبلغ معدّله السنوي ١٥٠٠٠ ملم. وتغزى شدة التّهطل هذه إلى ارتفاع الرياح التجارية الجنوبية الشرقية الرطبة خلال عبورها الجبل.

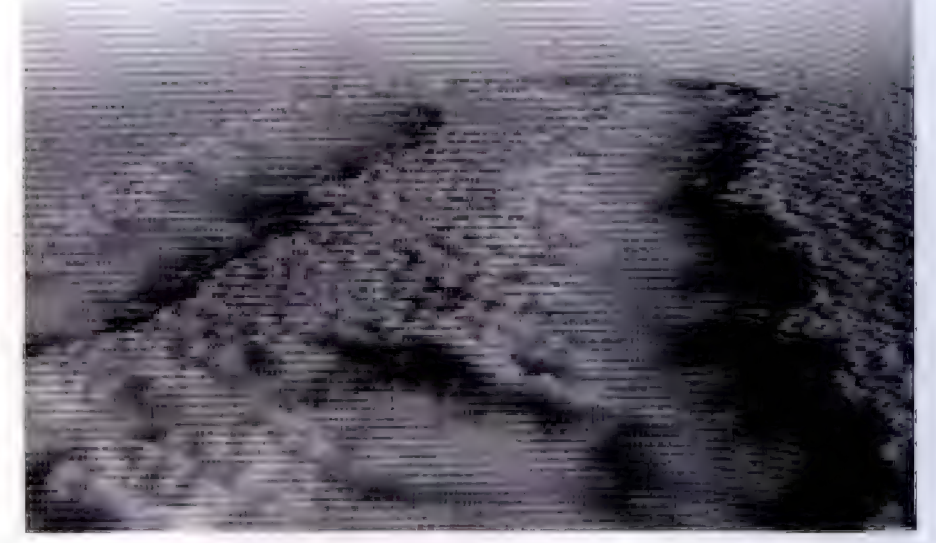
## قياس كمية المطر

تُقاس كمية المطر بالمليمتر، أو بالإنش، بواسطة مقياس المطر. ويتألف هذا من قمع يتلقّى مياه المطر ويضربها في أسطوانة تحت. ثم يُقاس ارتفاع الماء المُتجمّع في الأسطوانة، وبه تُحدد كمية المطر المُساقط.



## الجفاف

إنجباس المطر، بحيث يقل التساقط عن ٢٠ ملم في فترة تتجاوز الأسبوعين يؤدي إلى الجفاف. وفي غياب مستودعات التخزين تعود كمية المياه غير كافية للناس وللزروع. في بعض المناطق يستمر الجفاف الحاد سنوات عديدة. ويرى أن منطقة كالاميا في صحراء أتاكاما، بالشيلى، لم تشهد أمطاراً على مدى ٤٠٠ سنة، حتى العام ١٩٧٢. فترات الجفاف غير مألوفة في المناطق المعتدلة كأوروبا وأمريكا الشمالية لكنها عادة منتظمة الحدوث في أستراليا وبعض أجزاء إفريقيا وأمريكا الوسطى وآسيا.



### المطر الاصطناعي والاستمطار

يجري استمطار السحب أحياناً بذر بلورات الجليد الجاف أو يوديد الفضة عليها من الطائرات. هذه الكيماويات توفر نويات تنامي حولها الكسف الثلجية. وهذه تتحول إلى مطر أثناء سقوطها إلى الأرض. في الصورة أعلاه، تُشاهد بوضوح آثار رش الكيماويات على السحب.

### الشهول المتصحرة

خلال الثلاثينات من هذا

القرن تعرضت أمريكا

الشمالية فترة طويلة لرياح

غربية سائدة، فأنجس المطر عن

الشهول الكبرى لوقوعها في

«ظل» جبال الروكيز. وزاد الوضع

سوءاً أن المزارعين كانوا قد حرقوا

الشهوب العشبية الطبيعية فجفت التربة

السطحية وأغرست، وتحولت الشهول العظمية

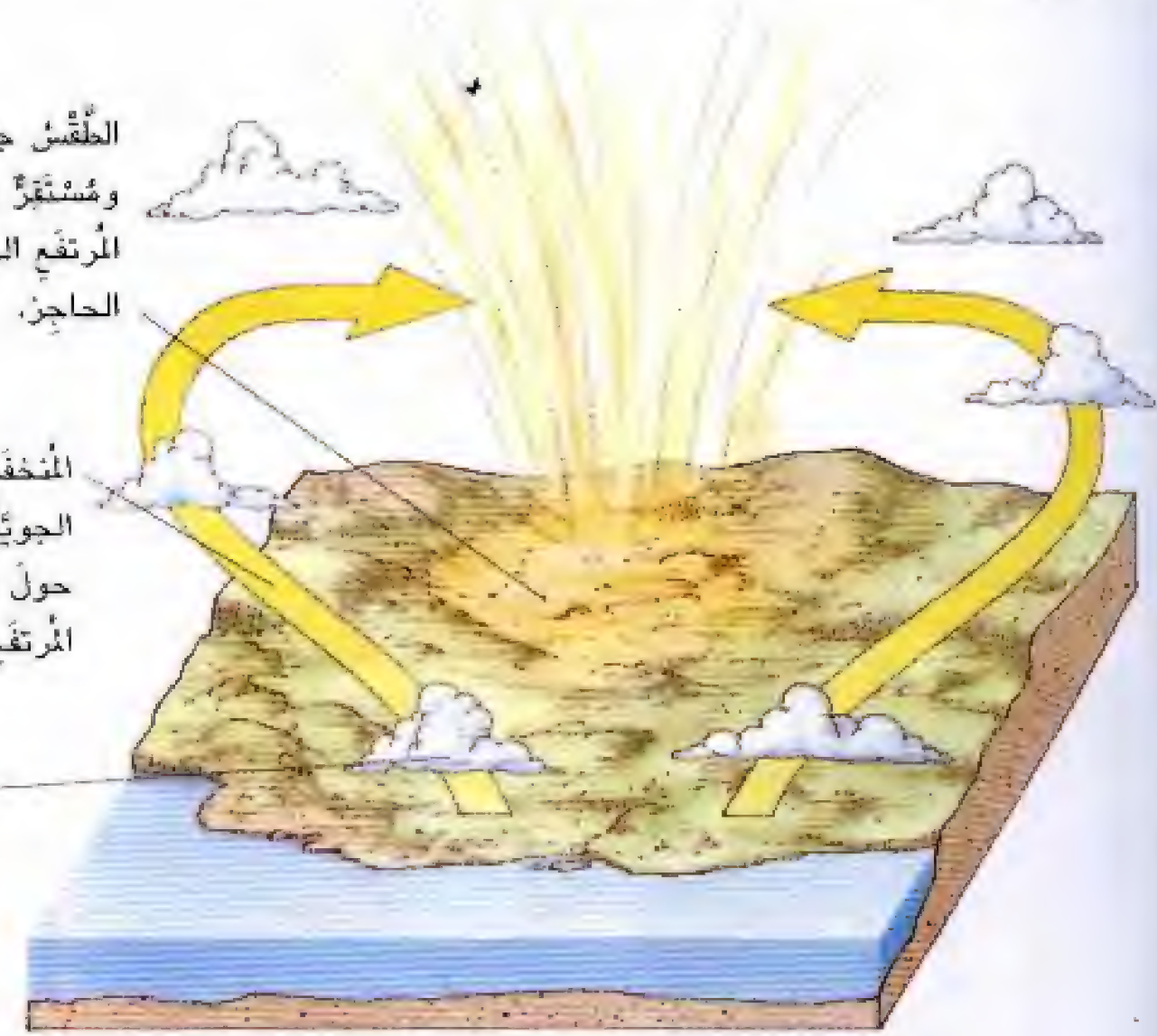
إلى منطقة جافة تكتسبها العواصف الغبارية، مما

أضطر المزارعين إلى الترحيل عن أراضيهم.

الطقس جاف  
ومستقر بفعل  
المرتفع الجوي  
الحاجز.

المخفضا  
الجوية تدور  
حول وخارج  
المرتفع الجوي

الطقس غير مستقر بعيداً  
عن المرتفع الجوي.



### المرتفع الجوي الحاجز

قد يسبب المرتفع (الضغطي) الجوي في جلب الجفاف على منطقة بمنع وصول المخفضات الجوية المتحركة إليها. وإذا لازم المرتفع الجوي المكان مدة طويلة، فإنه يمنع أي تغير في الطقس على مدى عدة أسابيع. المرتفعات الجوية الحاجزة جافة دائماً، فتحدث ظفناً صافياً بارداً في الشتاء وجافاً حاراً في الصيف.

### البقاء في ظروف الجفاف

النبث مزهر في هذه المنطقة الجافة عادة من أستراليا - حيث يكون ساطعاً قرنفلي اللون على مدى بضعة أيام. والمعروف أن معظم النباتات لا تستطيع البقاء على قيد الحياة في الصحارى لأنها شديدة الجفاف، لكن بعض البزور تظل ذبينة في التربة عدة سنوات. وهي حالما يهطل المطر، سرعان ما تبثت حيوتها فتزهر وتنتج بزوراً جديدة على عجل - قبل أن يجف سطح الأرض ثانية.

### حرائق الأدغال

تحدث حرائق الأدغال كثيراً في المناطق الجافة الحارة، فتحرق الدغل مُفسخة المجال أمام نبت جديد لينمو ويتكاثر - علماً أن الحرارة ضرورية لإنباس بعض البزور. فبعض أنواع نبات الأدغال يُقرض حينها يمنع الناس حدوث الحرائق فيها. وهناك اتجاه إلى ترك حرائق الأدغال تأخذ مجراها شرط ألا تهدد حياة المواطنين.



لا يصل الماء إلى قمة  
الشجرة - فتتيسر  
الأغصان العليا وتشمّر.

الماء المتوافر كافٍ لبقاء  
الأغصان السفلى فقط حية.

### النباتات العطشى

تحتاج معظم النباتات إلى مدد مستمر من الماء لتبقى حية. فخلال فترة الجفاف تموت نباتات كثيرة حتى المستقر منها. ومن الأعراض البينة على أن الأشجار لا تحصل على كفايتها من ماء المطر موت أغصانها العليا وأسوارها.



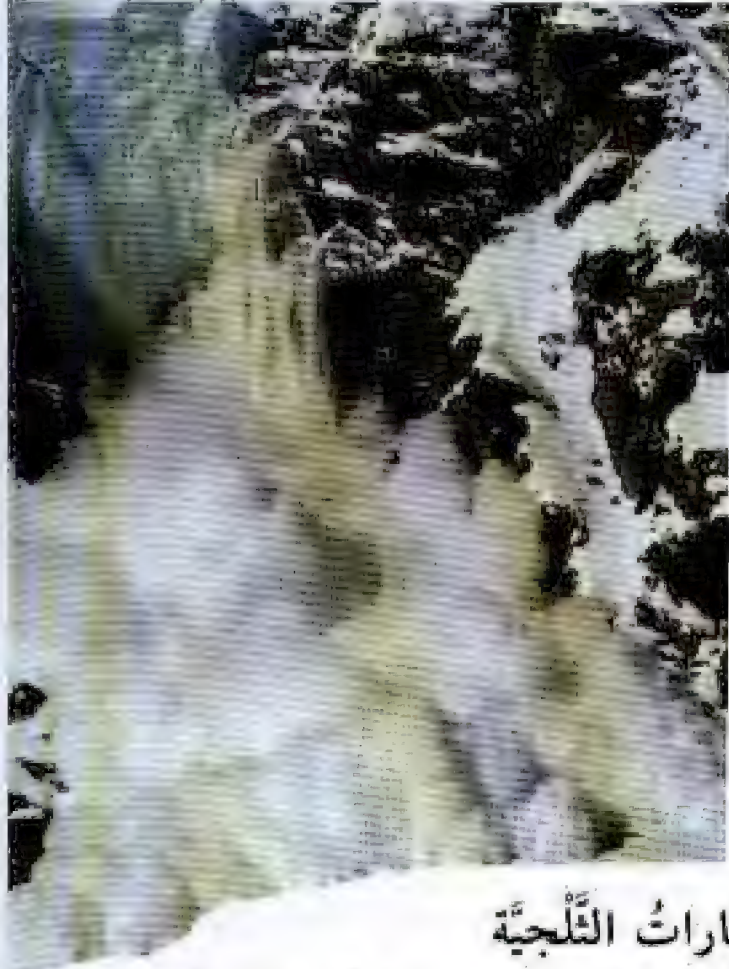
#### لمزيد من المعلومات انظر

- السحب ص ٢٦٠
- الثلج ص ٢٦٦
- البرد ص ٢٦٧
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الصحارى ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦



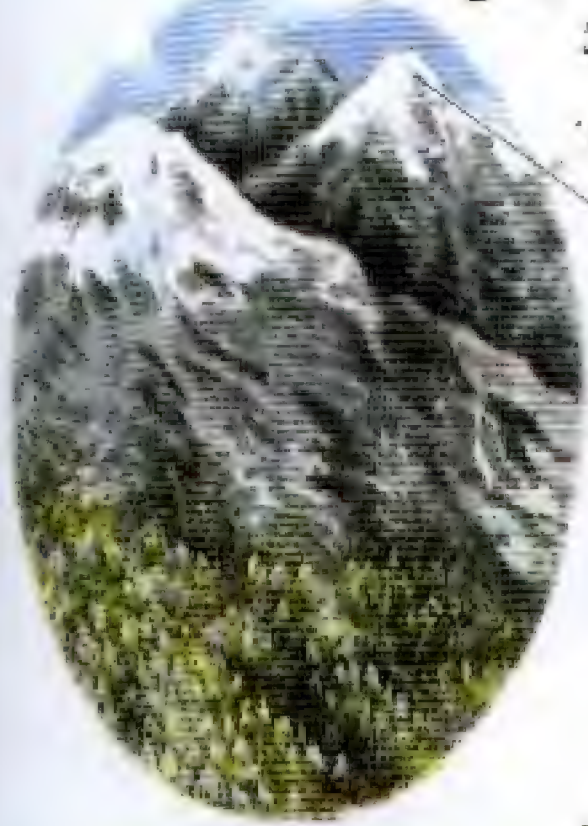
# الثلج

لا تُوجد كِسْفَتَانِ ثَلْجِيَّانِ مُتَمَاثِلَتَيْنِ تَمَامًا؛ وتَتَأَلَّفُ الواحدةُ من بِلُورَاتٍ جَلِيدِيَّةٍ مُتَمَاسِكَةٍ من بُخَارِ المَاءِ المُتَجَمِّدِ. وتُقَسَّمُ أَشْكَالُ البِلُورَاتِ الجَلِيدِيَّةِ إِلَى حَوَالِي ٨٠ صِنْفًا، منها الإِبْرِيُّ والمَوْشُورِيُّ واللُّوْحِيُّ والسَّدَاسِيُّ والْعَمُودِيُّ الشَّكْلُ. يَعْتَمِدُ شَكْلُ البِلُورَةِ عَلَى دَرَجَةِ الحَرَارَةِ وَالْإِرْتِفَاعِ والمُحْتَوَى المَائِي فِي السَّحَابَةِ الَّتِي تَكُونُ فِيهَا. أَمَّا الثَّلْجُ فَقَدْ يَكُونُ «رَطْبًا» أَوْ «جَافًا». وَيَتَأَلَّفُ الثَّلْجُ الرَّطْبُ من كِسْفٍ ثَلْجِيَّةٍ كَبِيرَةٍ؛ وَيَتَكُونُ فِي دَرَجَةِ التَّجَمُّدِ أَوْ دُونَهَا قَلِيلًا. وَهُوَ مِثَالِيٌّ لِلْهَوِ بِكَرَاتِ الثَّلْجِ، لَكِنَّهُ عَسِيرُ الإِزَالَةِ. أَمَّا الثَّلْجُ الجافُ فَمَسْحُوقِي الْقَوَامِ وَتَسَهَّلَ إِزَالَتُهُ. وَهُوَ يَتَكُونُ فِي دَرَجَةِ حَرَارَةٍ دُونَ دَرَجَةِ التَّجَمُّدِ بكَثِيرٍ. وَالشَّفُشَافُ، فِي الغَالِبِ، ثَلْجٌ نِصْفُ مُنْصَهَرٍ، أَوْ مَطَرٌ نِصْفُ مُتَجَمِّدٍ يَتَكُونُ عِنْدَمَا تَبْخَرُ قَطَرَاتُ المَطَرِ وَتَبْرُدُ أَثْنَاءَ سُقُوطِهَا.



## الهَيَارَاتُ الثَّلْجِيَّةُ

يُمْكِنُ خُذُوثُ الهَيَارَاتِ الثَّلْجِيَّةِ إِذَا زَادَ أَنْجِدَارُ السَّيْحِ الجَلِيدِي عَلَى ٢٢°. فَيَتَرَاكُمُ الثَّلْجُ أَكْثَرًا حَتَّى تَبْدَأَ كَمِيَّةٌ صَغِيرَةٌ مِنْهُ بِالْإِزْلَاقِ فَتَتَجَمُّعُ حَوْلَهَا كُتْلُ ثَلْجِيَّةٌ بِتَعَاظُمِ حَجْمِهَا أَكْثَرُ فَاكْثَرُ غَيْرَ الْمُنْحَدَرِ. وَقَدْ يَنْجُمُ انْطِلَاقُ الهَيَارِ الثَّلْجِيِّ نَتِيجَةً لِتَسَاقُطِ الثَّلُوجِ بِكَثَافَةٍ عَلَى الجَلِيدِ، أَوْ لِإِرْتِفَاعِ دَرَجَةِ الحَرَارَةِ أَوْ لِحَرَكَةِ مُتَزَلِّجٍ أَوْ حَتَّى لَاهْتِرَازِ أَحَدَتِهِ ضَجِيجٍ مُرْتَفِعٍ.



سطح القلائس الجليدية الأبيض الصقيل يعكس حرارة الشمس فينبقيها باردة حتى خلال الصيف.

## الثلج الدائم

تَتَأَلَّفُ المَتَالِيجُ والقَلَائِصُ الجَلِيدِيَّةُ من ثَلْجٍ لَمْ يَسْبِقَ أَنْصَهَارُهُ؛ بَلْ أَنْكَبَسَتْ جَمِيعُ البِلُورَاتِ وَالْكَسْفُ الثَّلْجِيَّةِ فِيهِ تَحْتَ وَزْنِ الثَّلْجِ الْمُتَزَايِدِ المُتَسَاقِطِ فَوْقَهَا. وَتَتَكُونُ القَلَائِصُ الجَلِيدِيَّةُ والمَتَالِيجُ عَلَى قِمَمِ الجِبَالِ وَعَلَى مَقَرَّبَةٍ مِنَ الْقُطْبَيْنِ.



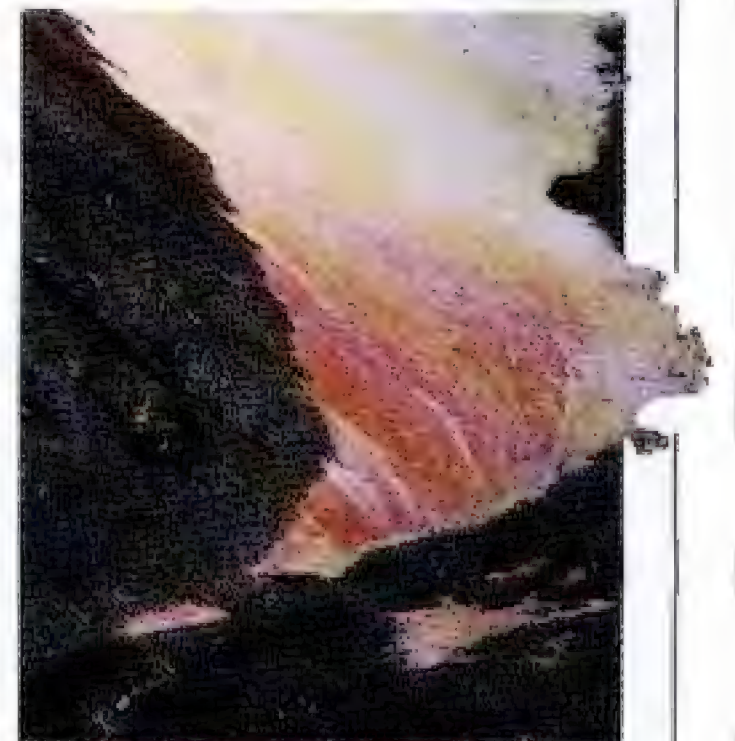
جميع الكسف الثلجية سداسية النمط البلوري.

## كيف يتكوّن الثلج

تَتَكُونُ البِلُورَاتُ الجَلِيدِيَّةُ فِي سُحُبٍ تَتَرَاوَحُ دَرَجَاتُ حَرَارَتِهَا بَيْنَ ٢٠° وَ ٤٠° س. وَتَنْشَأُ الْكَسْفُ الثَّلْجِيَّةُ بِتَمَاسِكِ البِلُورَاتِ الجَلِيدِيَّةِ مَعًا وَهِيَ تَسَاقُطُ رَطْبَةً ثُمَّ تَتَجَمِّدُ مُجَدَّدًا. وَهِيَ بَعْدَ سُقُوطِهَا مِنْ سَحَابَةٍ، لَا تَصِلُ إِلَى سَطْحِ الْأَرْضِ ثَلْجًا إِلَّا إِذَا كَانَتْ دَرَجَةُ حَرَارَةِ الْهَوَاءِ عَلَى، أَوْ دُونَ، دَرَجَةِ التَّجَمُّدِ عَلَى طَوْلِ مَسَارِهَا. أَمَّا إِذَا كَانَتْ دَرَجَةُ الحَرَارَةِ فَوْقَ دَرَجَةِ التَّجَمُّدِ، فَقَدْ تَبَخَّرُ البِلُورَاتُ تَمَامًا أَوْ تَنْصَهَرُ وَتَسْقُطُ شَفُشَافًا أَوْ مَطَرًا. أحيانًا، يُشَاهِدُ السَّكَّانُ فِي أَعْلَى نَاطِحَةِ سَحَابٍ أَنَّهَا تُثَلِّجُ، بَيْنَمَا يَنْهَجِرُ المَطَرُ عَلَى المَارَّةِ فِي الشَّارِعِ دُونَهُمْ.

## الثلج القرنفلي

الثلج ليس أبيض دائمًا - فقد يكون قرنفليًا أو أسمرًا أو مُحَمَّرًا. الثلج القرنفلي، المبيّن في الصورة، موجود في غرينلند، ويعود لونه إلى لون الطحالب التي تعيش فيه. وهذا الخضب الذي يُلَوّنُ الطحالب يقيها أيضًا في ظروف البرد القارس.



## رَكْمُ الثَّلُوجِ

عِنْدَمَا يَتَكَدَّسُ الثَّلْجُ أَرْكَامًا، قَدْ يُخَضَّرُ النَّاسُ فِي أَمَاكِنِ تَوَاجُدِهِمْ - فِي السَّيَّارَاتِ أَوْ دَاخِلَ المَنَازِلِ. وَإِذَا طُمِرَ النَّاسُ، أَوْ الْحَيَوَانَاتُ، فِي الثَّلْجِ فَيُمْكِنُهُمُ الْبَقَاءُ عَلَى قَيْدِ الْحَيَاةِ فِتْرَةً طَوِيلَةً، لِأَنَّ الثَّلْجَ السَّاقِطَ حَدِيثًا يَحْوِي هَوَاءً، فِي الفُجُواتِ بَيْنَ البِلُورَاتِ الجَلِيدِيَّةِ، يُمْكِنُ تَنْفُسُهُ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الجليد والمثلج ص ٢٢٨
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- السحب ص ٢٦٠
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢



## البرد

طبقة جديدة من الجليد  
تتجمد حول حبة البرد.

البرد قطرات من المطر المتجمد تتكوّن داخل سحابة مُزنيّة رُكاميّة شاهقة حيث الطبقات السفلى أدفأ بشكل ملحوظ من درجة التجمد في الطبقات العليا. هذا الفرق في درجة الحرارة داخل السحابة يحدث تيارات هوائية قويّة تتقاذف قطرات المطر صعودًا إلى نطق التجمد العليا وهبوطًا إلى النطق الأدنى. وكئي تظلّ حبة البرد في السحابة وقتًا كافيًا لتصبح بحجم حبة البسلى ينبغي أن تتقاذفها التيارات صعودًا وهبوطًا بسرعات تُقارب ٣٠ م في الثانية (١٠٨ كم/سا). وخلال حركة البرد هذه داخل السحابة ترتطم حباته بعضها ببعض مُسببة، أحيانًا كثيرة، انفصال شحناات كهربائية تحدث البرق داخل السحابة نفسها أو بين السحابة والأرض أو بين سحابة وأخرى.

أخيرًا تصبح حبة البرد من الثقل بحيث لا يحتملها جو السحابة فتسقط إلى الأرض.

## طبقات الجليد

يُبين المَقطع العرضي المُقابل بوضوح أن حبة البرد تتألف من طبقات مُتراكية كما البصل. وتمثل كل طبقة رحلة صعود وهبوط قطعتها حبة البرد داخل السحابة قبل سقوطها.



تيار الهواء الصاعد يحمل حبة البرد ثانية إلى أعلى السحابة.

## كيف يتكوّن البرد؟

يشأ البرد داخل السحب الرُكاميّة المُزنيّة الشاهقة التي قد تتنامى إلى ارتفاع ١٠ كم. فالتيارات الهوائية القويّة الصاعدة داخل السحابة تستطيع حمل قطرات المطر إلى طبقاتها العليا المتجمدة. وحال هبوط القطرة المتجمدة، تعود التيارات الهوائية فتدفعها ثانية إلى أعلى بحيث تتجمد طبقة جديدة من الجليد حولها. وتكرّر هذه العملية عدّة مرّات حتى تصبح حبة البرد ثقيلة؛ فتسقط بثقلها إلى الأرض.

## أضرار البرد

يسبب البرد بأضرار بالغة، فيتلّف المحاصيل أو يجعلها غير صالحة للبيع، كهذا التفاح في الصورة المُقابلة. وقد تُحطّم حبات البرد الكبيرة زجاج النوافذ وتنفّر السيارات. وقد تبيد أسراب الطيور الصغيرة إذا باعتهها العواصف البردية دون غطاء.

## منع البرد

لقد جرّت عدّة

مُحاولات لمنع أضرار البرد باستمطاره؛ منها، مثلاً بإطلاق المدافع على السحب كما تُبين هذه الصورة عن مَجَلّة فرنسيّة صادرة عام ١٩١٠. ومنذ عهد قريب، أُعيدت المحاولة بإطلاق بلّورات يوديد الفضة داخل السحب قصد تحويل حبات البرد إلى مطر، لكنّ لمّا يثبت جدوى ذلك عمليًا.



## حبات برد قياسية

أحيانًا تبلغ حبات البرد حجم البليات (كُلل اللعب) وأحيانًا أقل، حجم كرات التيس. أمّا الحجم الضخم، كتلك التي سقطت في بنغلادش عام ١٩٨٦ وبلغ وزن الواحدة منها ١,٠٢ كغ، فنادرة. في الصورة أعلاه، حبة برد ضخمة سقطت في كنساس، بالولايات المتحدة، عام ١٩٧٠، وبلغ محيطها ٤٣,٦ سم ووزنها ٧٦٥ غ.



## لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- البرق والرعد ص ٢٥٧
- السحب ص ٢٦٠
- المطر ص ٢٦٤



# الصقيع والندى والجليد

بعد غروب الشمس تبدأ الأرض تفقد حرارتها بالإشعاع - في حين لا يفقد الهواء حرارته بالسرعة ذاتها، فتغدو الأرض أبرد من الهواء فوقها. ففي الليالي الساكنة الصافية يتكثف بخار الماء في الهواء على سطح الأرض كقطرات ندى. ويبدأ هذا التكاثف على درجة حرارة تُعرف بنقطة الندى. وإذا هبطت درجة حرارة الهواء إلى ما دون درجة التجمد، يتحول بخار الماء مباشرة إلى بلورات جليدية تغطي كل شيء بالصقيع. أحيانا تغطي الأرض بطبقة جليدية شفافة تجعل الطرق زلقة - ويحدث ذلك حين يسقط المطر عبر طبقة هواء باردة جدًا على أرض درجة حرارتها دون درجة الصفر المئوية، فيتجمد المطر إلى جليد يبدو قاتماً لأن الأرض ترى من خلاله.



يتجمد الماء  
عبر الشقوق.

يتجمد الماء شكلاً قُبَّةً  
(ذلاة مقلوبة) جليدية.

## دَلَوَاتُ جَلِيدِيَّةٌ مَقْلُوبَةٌ

تتكوّن «الدَلَوَاتُ» الجليدية أحياناً كبرزات في البريكات الضحلة أو مغاطس العصافير، لأن الماء المتجمد يتمدد فيدفع قبة صغيرة من الجليد صعداً. فإذا تضافت القبة بتزايد التجمد يندفع الماء من تحتها عبر الشقوق ويتجمد. ويتكرر هذه العملية عدّة مرّات تتكوّن البرزات (النتوءات) الجليدية.



## بركة ندى

الندى الذي يتكوّن خلال الليل يغطي سطح الأرض في الصباح الباكر؛ وعند شروق الشمس وأبعث الدفء يتبخر في الهواء. يضيّع بعض المزارعين بركة الندى - ليست سوى حفرة واسعة ضحلة في المواقع الخفيفة من حقولهم - يتجمّع فيها الندى فتشربه الحيوانات عند طلوع النهار. وقد تتواجد بركة الندى هذه طبيعياً.

## الصقيع الفضّي

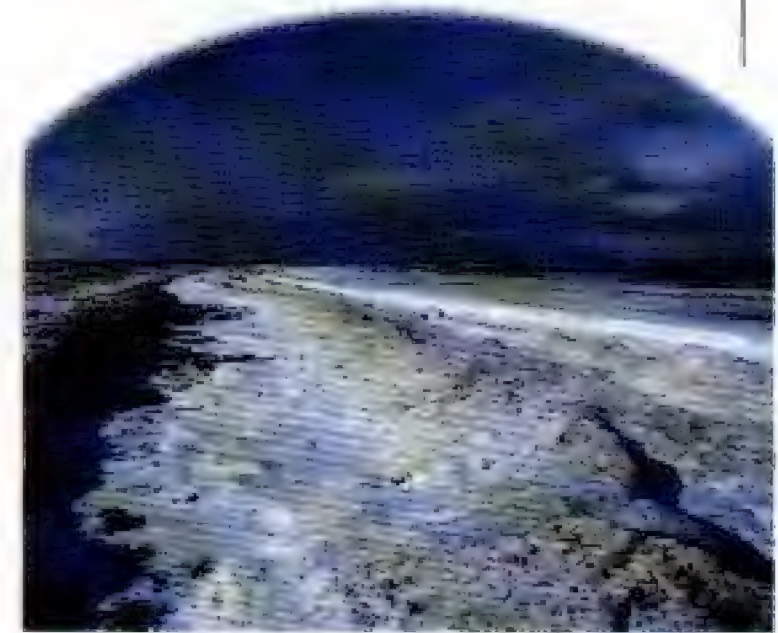
يحدث الصقيع غالباً في الليالي الباردة حين السماء خالية من السحب التي تعيق شع الحرارة من الأرض. والصقيع الفضّي هو الأكثر شيوعاً حيث يغطي سطح الأرض وأوراق الأشجار وأغصانها، وحتى شبك العنكب، بطبقة رقيقة من البلورات الجليدية الدقيقة. ويكون الصقيع الفضّي أحياناً من البياض والسماكة بحيث يبدو كطبقة من الثلج.

قلّما يكون الجليد على نهر أو بحيرة ذا سماكة كافية للتزلج فوقه.



## الماء المتجمد

في الطقس البارد جداً قد تتكوّن طبقة من الجليد فوق الأنهار والبحيرات؛ وقد تبدو سميكة قوية عند أطرافها، لكنها تحوي بقعاً واهنة حيث يرق الجليد. لذا من الخطر السير على الماء المغطى بالجليد. الأسماك لا تضيرها هذا الغطاء الجليدي، بل هو في الواقع يحميها إذ يمنع تجمد المياه تحته.



## تجمد البحر

لا تتجمد البحار عادة لأن الماء المالح يتجمد على درجة حرارة دون درجة تجمد الماء العذب. لكن شدة البرودة قد تجمد ماء البحر، بخاضة على مقربة من السواحل.

## سمك الجليد في القارة القطبية الجنوبية

إنّ المياه حول القارة القطبية الجنوبية شديدة البرودة بحيث تجمد الدم في عروق الأسماك العادية. أمّا الأسماك التي تعيش في تلك المياه فقد طوّرت طبيعياً بعض الكيماويات في دمها لمقاومة التجمد - تماماً كما يمنع مقاوم التجمد تجمد الماء في مشيع السيارة أثناء برد الشتاء.



## لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الجليد والمثلج ص ٢٢٨
- الثلج ص ٢٦٦
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢

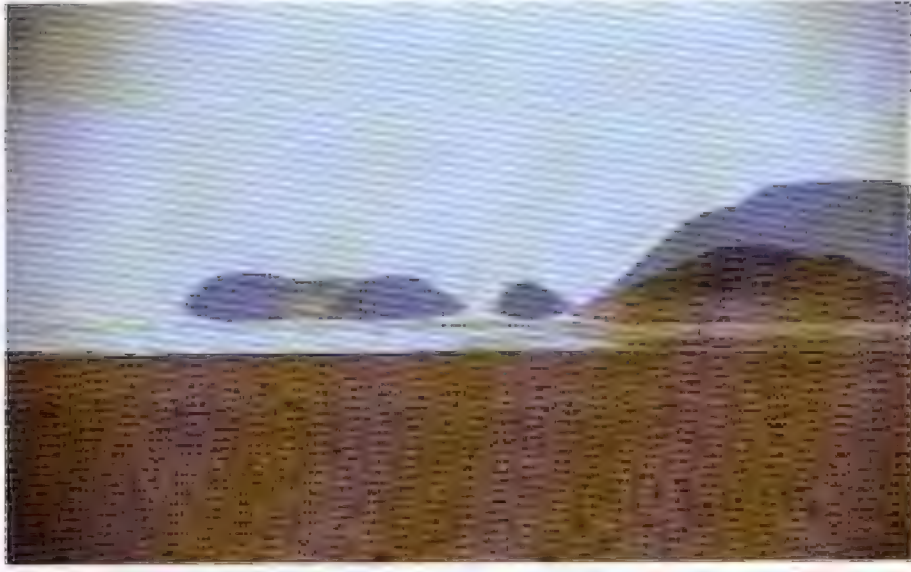


# ظواهر وتأثيرات غير عادية



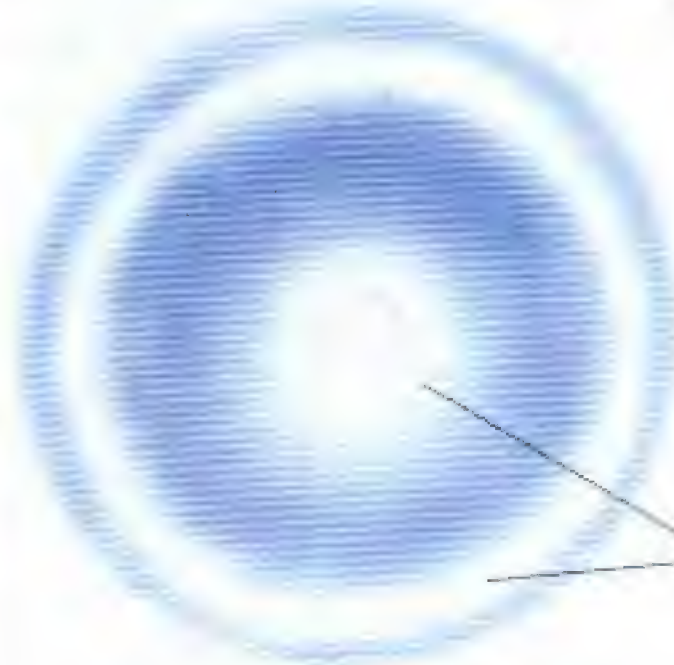
## نار القديس إلمو

في الأجواء العاصفة قد يُشاهد توهج كروي أخضر مُزرق كالبرق على الأجسام المُستديقة الأطراف. وقد أطلق البحارة على هذه الظاهرة فوق صواري السفن اسم نار القديس إلمو. ويُشاهد هذا التوهج اليوم أحياناً على أطراف أجنحة الطائرات ومنايعات الصواريخ.



## السراب

السراب يقترن ههنا بالصحاري الحارة؛ لكن يمكن مشاهدته على طريق مُعبد في يوم حار. المعروف أن الضوء ينكسر (ينحني) أثناء انتقاله من الهواء الدافئ إلى الهواء البارد. فعندما يكون الهواء الملايس يسطح الطريق أسخن من الهواء فوقه، تنكسر أشعة الضوء صعوداً بحيث تبدو كأنها آتية من غير المكان الذي انطلقت منه؛ لذا يبدو السطح كأنه بركة ماء. والواقع أن ما نراه هو صورة للفضاء، لأن أشعة الضوء من الجو تبدو كأنها آتية من سطح الطريق.



هالنا القمر

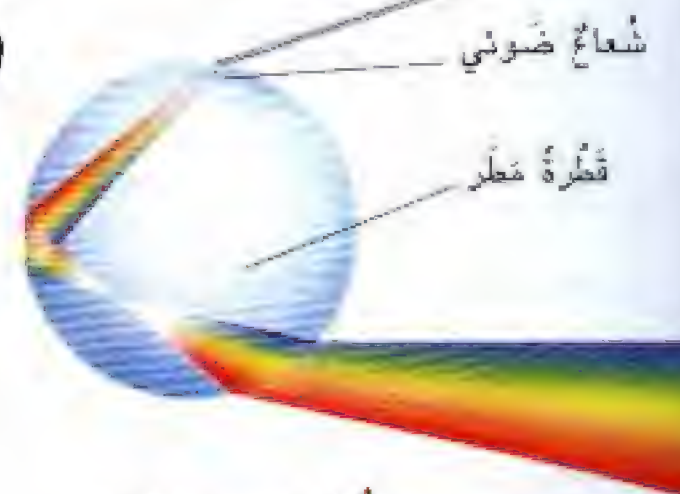
الوان قوس قزح من الخارج إلى الداخل هي كما يلي: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي والبنفسجي.

## هالنا القمر

تكون هالنا حول القمر أحياناً عندما ينفذ ضوء القمر عبر بلورات جليدية عالية في الفضاء. فيرتد الضوء المنعكس على البلورات بزوايا ٢٢° أو ٤٦° مولفاً هالتيْن مُتفصلتين. وتكون الهالتيْن عادة غير مُكتولتين، وغالباً ما تُشاهد الصغرى منهما فقط. هذا ويمكن مشاهدة هالات حول الشمس أيضاً.

## شبح بروكين

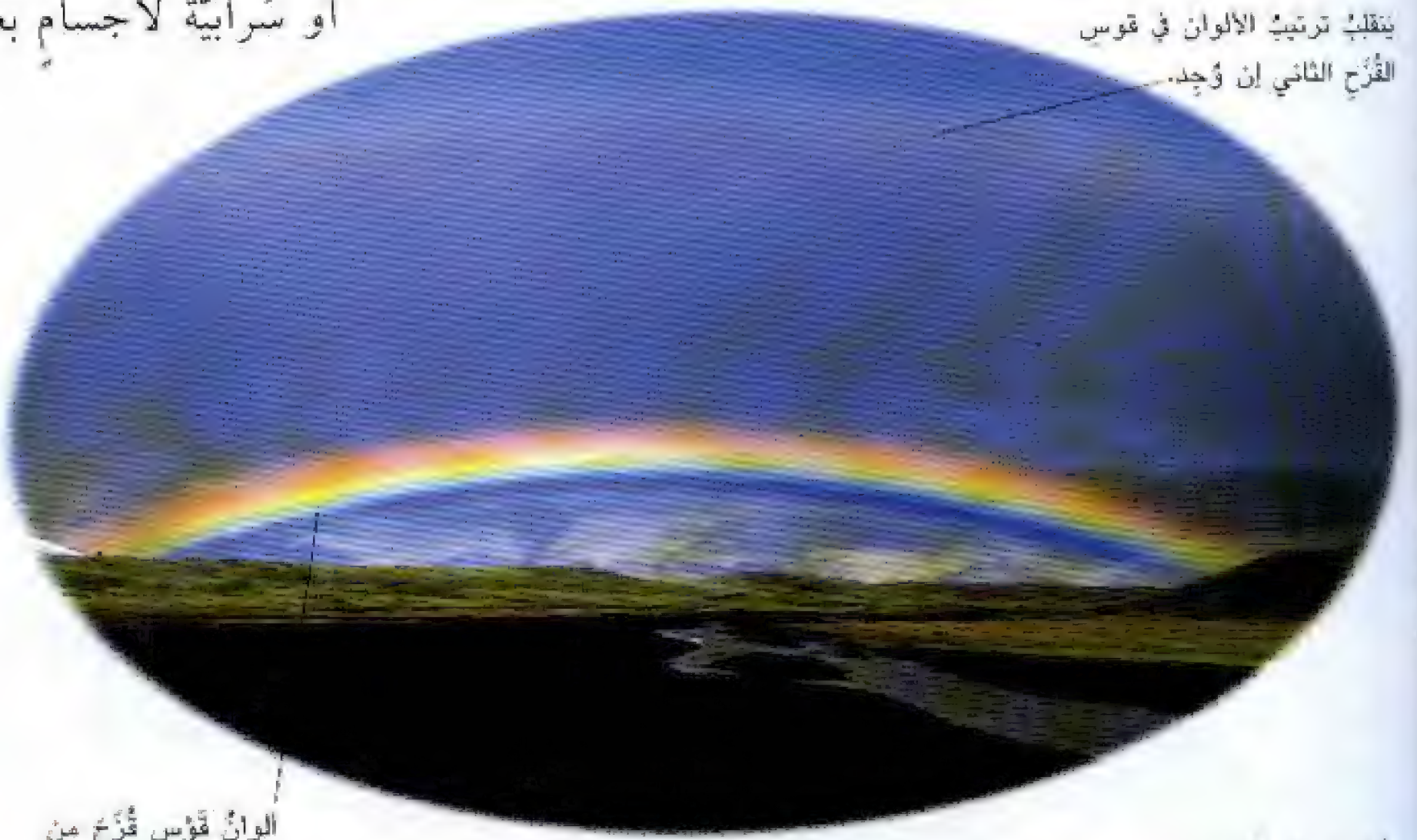
يمكن مشاهدة ظاهرة فريدة عندما تكون الشمس خفيفة في السماء، بخاصة في المناطق الجبلية - إذ تبدو ظلال الأشياء والناس ضخمة هائلة على الضباب أو الشجب الواقعة تحتها. ويُعرف هذا الظل بشبح بروكين نسبة إلى جبل بروكين في ألمانيا - حيث تُشاهد هذه الظاهرة.



## تحلل ضوء الشمس

تعمل قطرة المطر كموشور صغير، فيكسر شعاع الضوء النافذ إليها وينعكس بداخلها، ثم ينكسر ثانية وهو يغادرها.

ينقلب ترتيب الألوان في قوس القزح الثاني إن وُجد.



## أقواس قزح

يمكنك مشاهدة قوس القزح فقط عندما تكون الشمس خلفك ورؤ المطر أمامك. فهذه الأقواس تتكون عند نفاذ أشعة الشمس في ملايين قطرات المطر. تعمل القطرات المعلقة في الهواء كموشورات صغيرة تحلل ضوء الشمس المار خلالها، كما هو موضح أعلاه، إلى ألوان الطيف السبعة التي تولف قوس القزح. وقوس القزح هو في الواقع جزء من دائرة كاملة تحجب الأرض معظمها. لكن من ارتفاع شاهق، من طائرة مثلاً، ومع شيء من الحظ، قد تُشاهد الدائرة اللونية كاملة.

## جون تيندال

اهتم العالم البريطاني، جون تيندال (١٨٢٠-١٨٩٣)، بدراسة المثلج، وكان من أوائل مُتسلقي جبل ماتيهورن في الألب السويسري. وله أيضاً



أبحاث في الضوء وظاهرة استقطابه بالجزيئات الكبيرة والغبار. هذه الظاهرة المعروفة باسمه هي سبب رؤيتنا لجزم الأشعة من نور الشمس. وارتأى تيندال أن زرق السماء عائدة إلى كون استقطار الجزء الأزرق من نور الشمس في السماء أيسر كثيراً من استقطار ضوء من الألوان الأخرى؛ وقد أثبت أينشتاين صحة ذلك فيما بعد.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- الانكسار ص ١٩٦
- الضوء والمادة ص ٢٠٠
- الظلال ص ٢٠١
- الألوان ص ٢٠٢
- الجو ص ٢٤٨



# التنبؤ بالأحوال الجوية

العلامة الدالة على

الرعد تحدث موقع

المعركة

ماذا ستكون عليه حال الطقس اليوم؟ إن التنبؤ بدقة عن الطقس يتطلب تجميع معلومات من جميع أنحاء العالم. هنالك نوعان من التنبؤ - نوع طويل المدى يُنبئ بأحوال الطقس عمومًا خلال الأسبوع المقبل، ونوع قصير المدى يُنبئ بأحوال الطقس مُفصَّلةً للأربع وعشرين ساعة التالية. أكثر المهتمين بتنبؤات الأحوال الجوية من غير العسكريين هي منظمات الطيران المدني، كشركات الطيران والمطارات التي تحتاج إلى معرفة أحوال الجو على ارتفاعات مختلفة. كذلك تحتاج شركات الملاحة البحرية إلى التحذير من العواصف؛ وتحتاج محطات القدرة إلى معرفة أوقات البرد المُتوقعة كي يُصار إلى تقدير وتلبية كميات الطلب على الطاقة. كما يحتاج المزارعون إلى تنبؤات الطقس ليُستطيعوا تنظيم أوقات الحصاد وحماية المحاصيل. وأنت أيضًا تحتاج إلى نشرات جوية يومية لمعرفة نوع الملابس التي سترتديها، وما إذا كان عليك حمل المظلة حتى ولو بدا لك الطقس مُشمسًا.



مُنخفض جوي  
يتحرك شرقًا ببطء،  
حاملًا مطرًا غزيرًا  
نحو منطقة وانزلو.

## الطقس في التاريخ

بالرجوع إلى السجلات القديمة يُستطيع الخبراء رسم خرائط الطقس لأيام مُعينة في التاريخ. فالخريطة أعلاه، تُبين أحوال الطقس في الليلة السابقة لمعركة وانزلو في ١٧ حزيران (يونيو) عام ١٨١٥. والمعروف أن المعركة كانت بين جيش الإمبراطور الفرنسي نابليون، وبين جيش الحلفاء بقيادة دوق ولنتون. فقد أدى هطول المطر الغزير إلى تحويل أرض المعركة مما أضطر الفرنسيين إلى تأخير هجومهم. فساعد هذا التأخير على تدفق المزيد من الفرق العسكرية لمُساندة جيش ولنتون وانتصاره في المعركة.

## خريطة طقس من اليابان

يُرسّم المُتنبئون خرائط للطقس تُبين توقعاتهم لمختلف الظروف والأحوال الجوية - كدرجة الحرارة والرياح والضغط وهطول المطر وغيرها، مُستخدمين رموزًا مُتفقًا عليها دوليًا. فالخريطة المُعدّة ليوم ١٦ كانون الأول (ديسمبر) عام ١٩٩٢ تُبين تنبؤ مُنخفض جوي فوق اليابان. فالرياح القوية تهب حول المُنخفض باتجاه ضِدَّ اتجاه عقارب الساعة مُدوّرة جبهات من الهواء الدافئ والبارد معه. فطقس اليابان المُتوقع عاصف رطب - بينما يُسيطر مُرتفع جوي إلى الغرب - مما يعني أن الطقس في الصين بارد وجاف.

## منظر من الفضاء الخارجي

تُلتقط صورٌ للشحب من الفضاء الخارجي بواسطة سواتل رصد الطقس، تُبين الأحوال الجوية بنظرة خاطفة. الصورة الساتلية هنا تُبين أنماط الشحب المرافقة لخريطة الطقس أعلاه - فلاحظ أن الشحب تُشكل عقدة كثيفة على مقربة من مركز المُنخفض الجوي، مع مزيد من الشحب المُنتشرة على امتداد خط الجبهة.

مُنخفض ضغطي

الدائرة دلالة على غطاء قيمي

النجمة دلالة على أنها تُثلج

الأيسوبار يصل بين المناطق المتساوية الضغط

الأسهم يُدل على الهدوء

جبهة مُرتجة

مثلث أبيض مقلوب رأسًا على عقب يُدل على هطول المطر

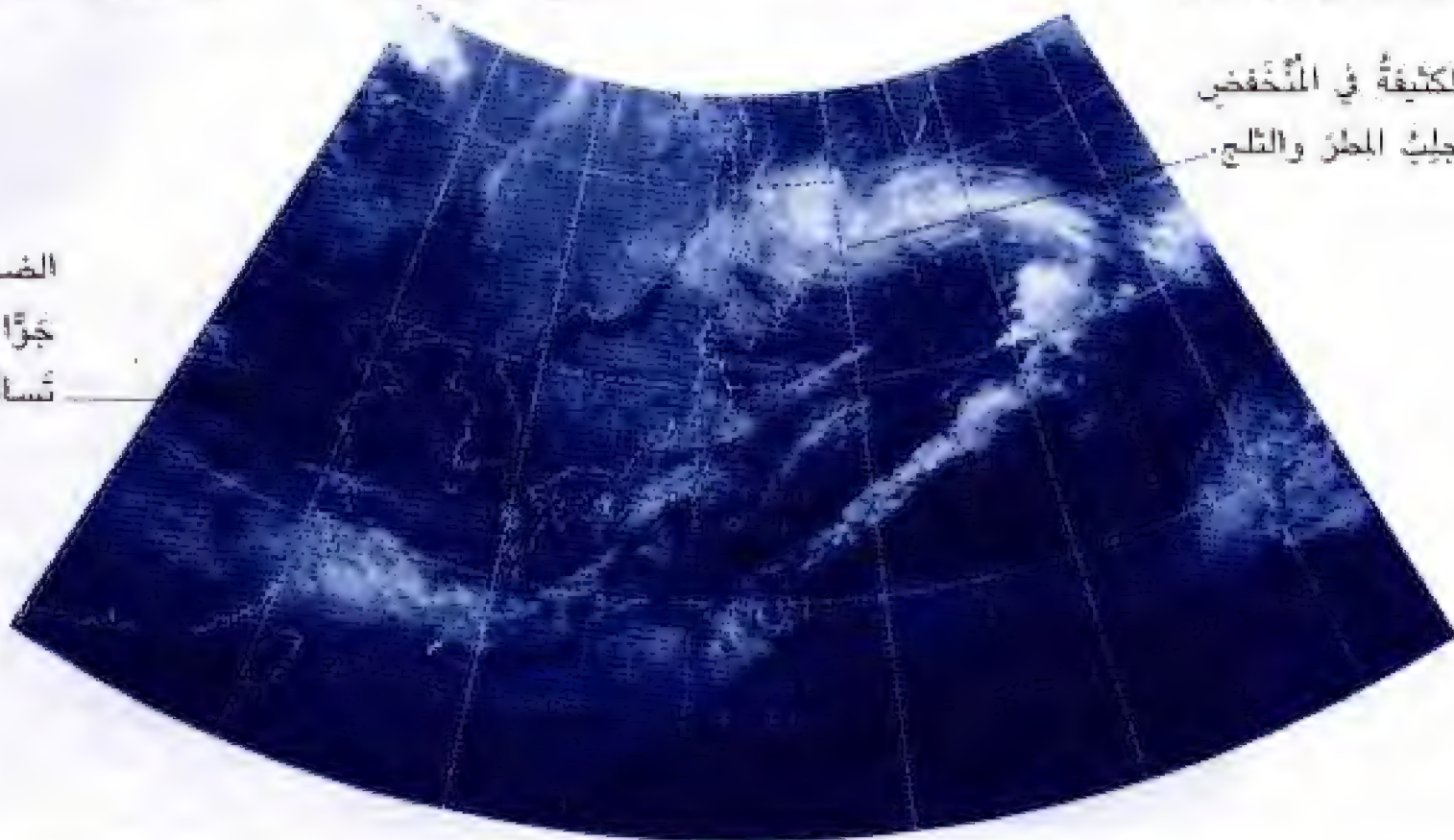
النقطة السوداء دلالة على هطول المطر

جبهة باردة

يُدل الأسهم على اتجاه الرياح والأرياش على قوتها

الشحب الكثيفة في المُنخفض الجوي تجلب المطر والثلج

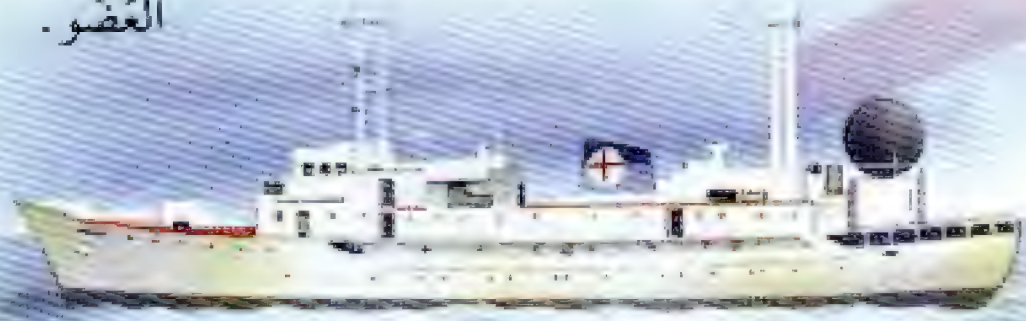
الضغط العالي يجلب جَوًّا صافيًا بدون تساقط





## جَمْعُ الْمَعْلُومَاتِ

تُضَمُّ مُنْظَمَةُ الأرصاد الجوية العالمية ١٥٠ بلداً تَقْبِذُ كُلَّهَا من المعلومات المتجمعة في المراكز العالمية لرصد الأحوال الجوية. فتُجمَعُ كُلُّ يومٍ مُعطيات من حوالي ١٠,٠٠٠ محطة أرضية و ٧,٠٠٠ سفينة ومئات الطائرات والمناطيد وعدة سوايل، في مراكز خاصة في موسكو بروسيا، وواشنطن العاصمة بالولايات المتحدة، وملبورن بأستراليا. وتُنظَّمُ الشبكات الجوية الإقليمية والدولية، وترسل إلى الأعضاء في المنظمة؛ فيرسِلُ هؤلاء بدورهم تلك المُعطيات إلى مكاتب الأرصاد الجوية المحلية التي تُعدُّ بدورها الشبكات الجوية الخاصة بالبلد العضو.



## السفن

تُقَيَسُ سُفُنُ الرصد الجوي الضغط ودرجة الحرارة في مستوى سطح البحر، كما تقيس درجة حرارة البحر ذاته. وتُطلَقُ أيضاً بالونات الرصد الجوي لتبعث المعلومات عن أحوال الجو على ارتفاعات مختلفة.

## الحواسيب

تُعَدَّى النظم والنماذج الحاسوبية بالمعلومات الأرصادية من سائر أنحاء العالم، فتقوم الحواسيب بتنظيم التنبؤات عن أحوال الطقس المتوقعة.



## مسابير الرصد اللاسلكية

تحمل المناطيد المعبأة بالهيليوم رزماً من المعدات إلى الجو تُعرف بمسابير الرصد اللاسلكية. وبالإضافة إلى ما تبعثه هذه المسابير من مُعطيات عن الضغط ودرجات الحرارة، فإنه يمكن تعقبها لقياس سرعات الرياح المختلفة.



تُطلَقُ مسابير الرصد اللاسلكية مرتين في اليوم على الأقل.

## استخدام التنبؤات الجوية

لا غنى للمطارات عن تنبؤات الأحوال الجوية، بخاصة في طقس رديء، كي تتخذ التدابير وتجهز المعدات لإبقاء المدرج سالكة. ويُعتبر الثلج والجليد أسوأ ما يُهدد حركة الطائرات من أخطار؛ كما إن التحذيرات من الرياح العاتية مهمة أيضاً.

### لزيادة من المعلومات انظر

ضغط الهواء	ص ٢٥٠
الجيئات المناخية	ص ٢٥٣
قوة الرياح	ص ٢٥٦
تكوين السحب	ص ٢٦٢
رصد الطقس	ص ٢٧٢
السوايل (الأقمار الصناعية)	ص ٣٠٠
حقائق ومعلومات	ص ٤١٦

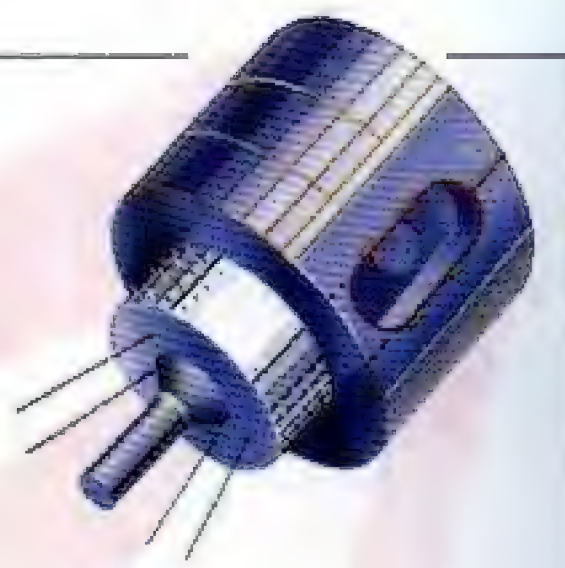
## المحطات المؤتمنة

في المناطق النائية تُجمَعُ معلومات رصد الطقس في محطات غير مأهولة، ثم ترسل أوتوماتياً عن طريق سائل فضائي إلى مراكز الأرصاد الجوية. وتُقام محطات مماثلة على بعض منصات النفط البحرية البعيدة عن الشاطئ.



## السوايل

تُجمَعُ المعلومات من الأرض بواسطة السوايل وتُنبث إلى محطات الرصد الجوي كل ٣٠ دقيقة مُرفقة بصور لأنماط السحب المتواجدة.



## الطوافي الأوتوماتية

تُستخدَم طوافي (ج. طافية) الرصد الجوي، بكل السفن ذات الطواقي؛ لتُسجَل المعلومات عن الطقس المحلي على مستوى سطح البحر وتُنَبَّأ إلى السوايل.



## الطائرات

تحمل طائرات خاصة آلات الرصد إلى الجو. وهي أحياناً تَبَثُّ قياساتها تَوّاً إلى الأرض، أو تُسجَل قياساتها المختلفة وتعودُّ بها إلى الأرض.

## المحطات الصغيرة

يؤدي بعض الأفراد دوراً مهماً في رصد الطقس بواسطة آلات رصد بسيطة، وهم يبعثون بمعلوماتهم عن أحوال الطقس المحلية إلى محطة رصد رئيسية.



## لويس فراي ريتشاردسون

استنبط الرياضي البريطاني، ل. ف. ريتشاردسون (١٨٨١-١٩٥٣)، طريقة لاستخدام التقنيات الرياضية في التنبؤ عن الأحوال الجوية. أنجز ريتشاردسون نظريته أثناء خدمته العسكرية في فرقة الإسعاف خلال الحرب العالمية الأولى؛ لكن مخطوطته فُقدت عام ١٩١٧ في إحدى المعارك، ثم وُجدت بعد عدة أشهر تحت كومة من القمح. وقد نُشر عمل ريتشاردسون عام ١٩٢٢، لكن أفكاره لم يمكن تطبيقها إلا حين اخترع الحاسوب الإلكتروني بعد ٢٠ سنة.





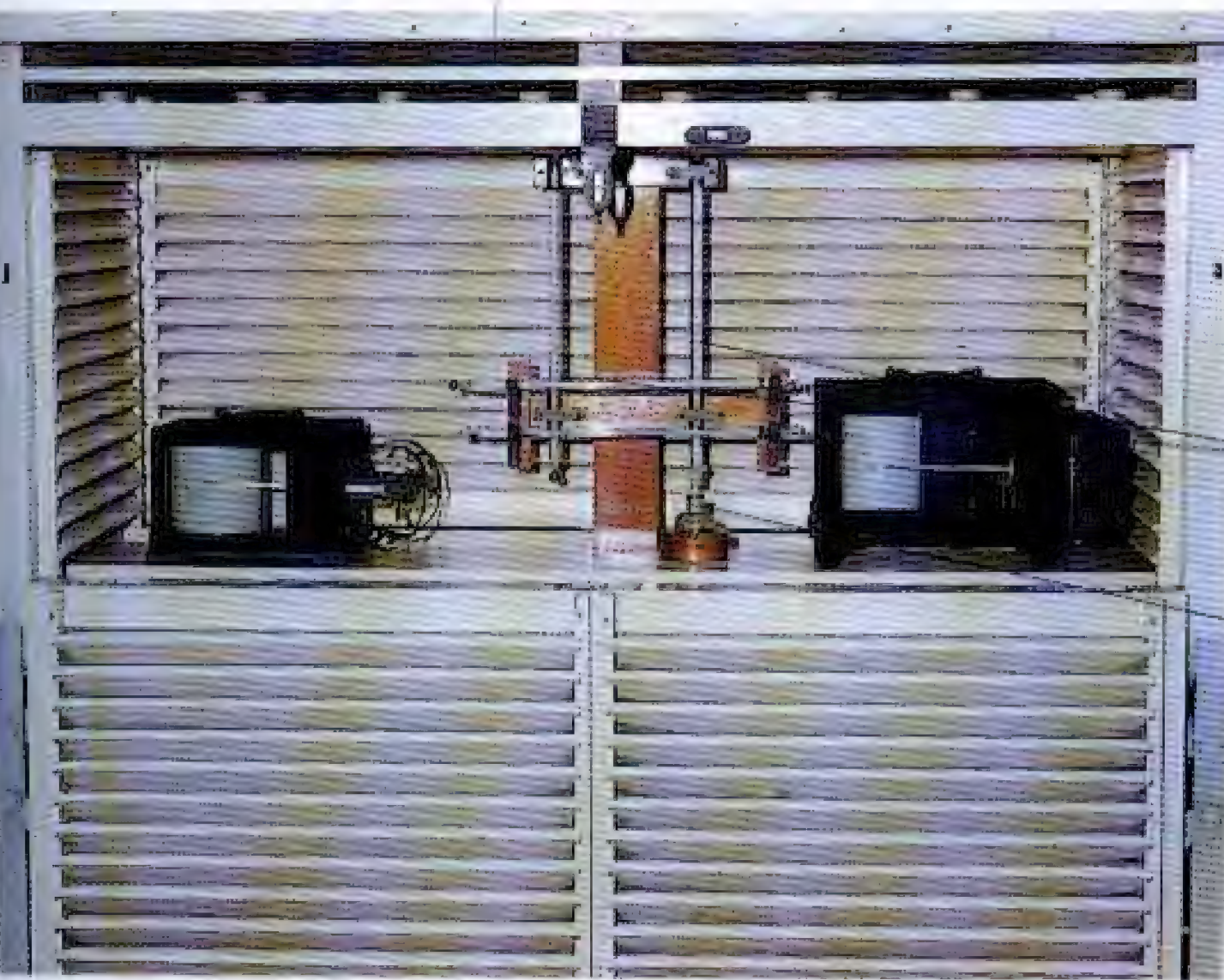
# رصد الطقس

## إخترار السماء

يخترع الإنسان عادةً عند الفجر والغسق، لكن نعيم السماء يجذب هذا التلوث. في أوروبا وأمريكا الشمالية، تحبب الرياح التغيرات في الأحوال الجوية من الغرب. فإذا اشتدت حُمرة السَّمْع عند الغروب فذلك يعني أن الطقس المقبل سيكون صافياً. أما حُمرة السماء عند الصباح فتعني أن الطقس الجيد يُشارفُ نهايته.

الشفق المزدوج يصعد حرارة الشمس.

على مدى آلاف السنين، قبل اختراع آلات رصد الطقس في القرن السادس عشر، كان الناس يرقبون المظاهر الطبيعية وشكل السماء والغيوم، وأوضاع الشمس والقمر وأحياناً سلوك الحيوانات والنباتات لتعرف أحوال الطقس. ولقد نشأ عن تلك الخبرات الكثير من الأقوال المأثورة في علامات الطقس المتوقع تناقلتها لأجيال على مر السنين فعدت جزءاً من التراث الشعبي عندهم. إن كثرة من هذه العلامات والأمثال هي أكثر من تراث شعبي - فهي غالباً ما تصبح في مجال الرصد الجوي. إن المراقبة الدقيقة لأحوال الطقس، معززة بقياسات البسيطة لدرجات الحرارة والضغط الجوي تجعل عملية التنبؤ الذاتي بالأحوال الجوية المحلية مصدراً موثوقاً يعول عليه.



الوقاء الأباجوري يُظلل آلات الرصد من شع الشمس المباشر. وتثبت شقوق التهوية في جوانب الصندوق دوران الهواء بحرية داخله.

ترموتر ذو بصيلة مخضلة وأخرى جافة

تُغمّر البصيلة المخضلة في ماء مُقَطَّر؛ وخلال عملية التبخر تُقاس الحرارة من الترمومتر.

تقام جميع صناديق شتيفنسون الأباجورية للرصد الجوي على علو ١,٢ م كي يُمكن مقارنة جميع القياسات بدقة.

## صناديق شتيفنسون الأباجورية

تستخدم معظم محطات الرصد الجوي والكثير من المدارس صناديق شتيفنسون الأباجورية. وقد يحوي الواحد منها ترمومتراً ذا بصيلة مخضلة وأخرى جافة لقياس الرطوبة النسبية، التي تتغير بتغير درجات الحرارة، والتي تُحسب بواسطة جدول خاص. وقد يحوي الصندوق الأباجوري أيضاً ترمومتر النهايتين العظمى والصغرى ومسجلات مخطاطية للرطوبة ودرجات الحرارة.

## الكرز الياباني

جرت العادة في اليابان على تسجيل تواريخ تنوير (ازهار) أشجار الكرز منذ عدة قرون. وقد ساعدت تلك التسجيلات المهممين بالرصد الجوي على معرفة نوع الطقس منذ مئات السنين، وما إذا كان فصل الشتاء قارساً أو الربيع مبكراً في أي سنة من السنين.

## المواشي

يُعتقد شعبياً أن جنوم المواشي في الحقول دليل على قرب هطول المطر - إقترافاً أنها بذلك تضمّن لتنبئها مجتمعات جافاً. حتى لو كان هذا الإقتراف صحيحاً، فالملاحظ أن المواشي تنجّم في أي وقت. فلا يذلل جنوم قطع من البقر في حقل ما على قرب هطول المطر!

يصبح مَلَص غشبية البحر رطباً عند اقتراب هطول المطر.

رُكبة بشرية

تُعاني الحيوانات من الرُكبة (الروماتيزم) في مفاصلها.

## العظام

خلال فترات الطقس اللطيف المعتدل قد لا يشعر معانو الرُكبة (الروماتيزم) بالألم. لكن مع اقتراب الطقس الرطب البارد، فإنهم يبدأون «تحسّسه» في عظامهم.



## العشب البحري

يُمكنك استخدام عُصاة من عشب البحر الأسمر (الكَلْب) تجليها من الشاطئ، كقطعة الكَلْب هذه، لتساعدك في مراقبة تقلبات الطقس. ففي الطقس الجاف تنجّم الرطوبة من عُصاة الكَلْب فتصبح قصفة صلبة. وفي الطقس الرطب تمتص العُصاة الرطوبة من الهواء فتغدو مُنتفخة طرية مجدداً. غير أن تغيرات عشب البحر تُنبئنا عن حال الطقس آنياً - لا عما سيكون عليه الطقس في أيام مُقبلة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الصَّوْء والمادة ص ٢٠٠
- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الرطوبة ص ٢٥٢
- السحب ص ٢٦٠
- ظواهر وتأثيرات غير عادية ص ٢٦٩
- التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠

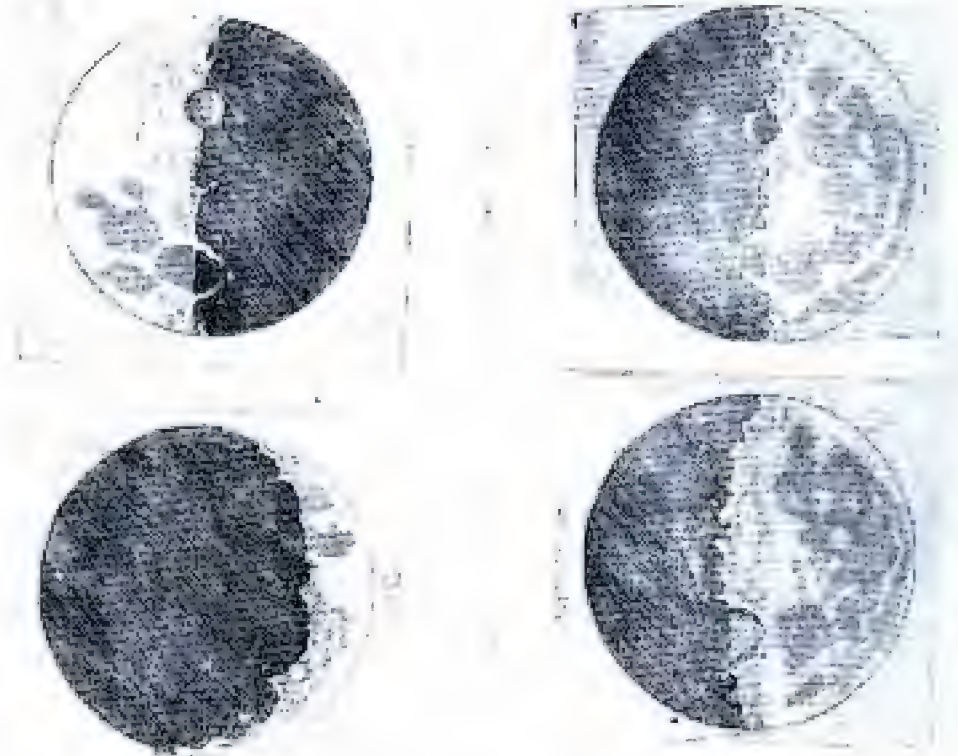


# الفضاء

عندما نتطلع نحو السماء فأنتم ننظر إلى الفضاء - حيث قد ترى النجوم والكواكب ومدى شاسعاً من الفضاء الخاوي فيما بينها. وقد حاول الناس منذ القدم إدراك موقع الأرض في مجالها المحلي المحدود من هذا الفضاء ومع ما هو وراءه من الكون اللامحدود. استخدمت الحضارات الأولى تحركات الأجرام السماوية أساساً لتقاويمها ودليلاً مُرشداً للملاحة البحرية وأحياناً لاستطلاع الأحداث المستقبلية بالتنجيم. وقد حاول الفلكيون الأوائل تعليل تحركات تلك الأجرام؛ وراحوا منذ القرن التاسع عشر يبحثون عن ماهيتها ونشأتها. واليوم تُتاح للفلكيين تقنيات متطورة بالغة الدقة والتعقيد لمتابعة أبحاثهم في محاولة فهم أسرار هذا الكون الفسيح.



في العام ١٦٠٩،  
كان عالم الفلك  
الإيطالي، غاليليو  
غاليلي، أول  
شخص يدرس  
الفضاء بمقراب  
(تلسكوب).



حين وجه غاليليو مقرابه نحو القمر شاهد وهذا وجبلاً لا تُرى  
بالعين المجردة.

## الفضاء الموحش

تملأ الكون بلايين النجوم والمجرات، ومع ذلك يظل خاوياً شبيهاً. وهو من اتسع السدى بحيث إن ضوء جميع بلايين النجوم لا يكفي لإنارته؛ فبين النجوم هنالك بلايين الكيلومترات من الفراغ المظلم البارد. والمعروف أن الإنسان هو شكل الحياة المتركز الوحيد في هذا الكون؛ لذا فالفضاء، بالنسبة له، مكان موحش حقاً.

سباران فضائيات من طراز قوباجير، زارا كواكب  
المشتري وزحل وأورانوس ونبتون في الفترة بين  
١٩٧٩ وبين ١٩٨٩، فاشقا بعض النظريات العلمية  
كما حقاً أيضاً بعض الاكتشافات غير المتوقعة.



## معدات حديثة

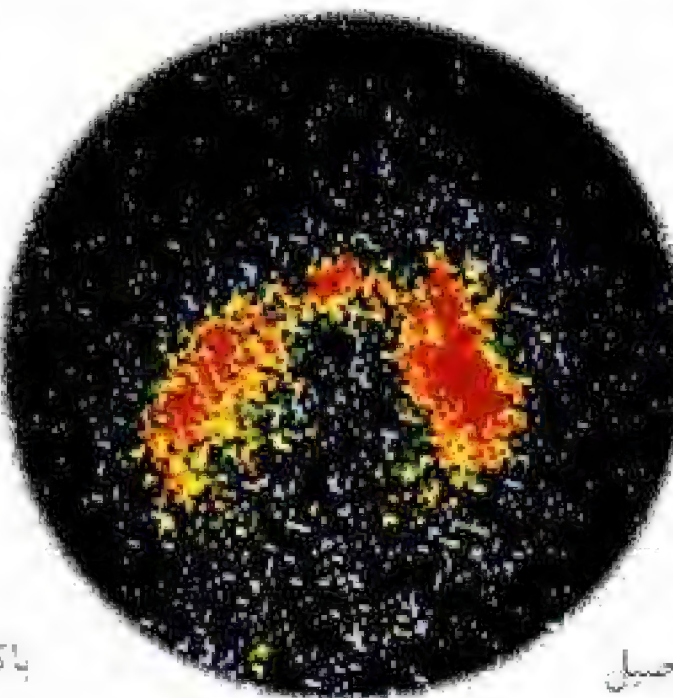
يستخدم الفلكيون معدات حديثة على الأرض،  
ويرسلونها أيضاً إلى الفضاء للتحقق على مساهمة  
وسموميات أفضل عما يُحيط بنا. فالفضائيات المدارية  
في مداراتها حول الأرض تستطيع رؤية الأجرام  
الفضائية بوضوح أشد، كما يسكنها الفضاء  
إشعاعات لا يتسنى لها اختراق جو  
الأرض. كما تُرسل الروبوبات،  
كسواير فضائية، في رحلات مُرسلة لتدور  
حول كواكب أخرى أو تُخط عليها وبعث  
باكتشافاتها إلى الأرض. وجدير بالذكر أن  
التحكم في معظم هذه السواير والتلسكوبات  
يتم من الأرض بواسطة الحواسيب.

## المقارب (التلسكوبات)

كان للتكنولوجيا، في مختلف مراحلها، تأثير كبير على علم الفلك، ففي  
أوائل القرن السابع عشر اخترع المقراب واستخدم للمرة الأولى  
لاستطلاع الفضاء. فكشف بفتحاً على سطح الشمس، وأربعة  
من أقمار المشتري، ومزيداً لا يحصى من النجوم.  
ولمُنذِر أصبحت التلسكوبات أكثر تطوراً  
وتغذية، وغداً أحدثها يُستخدم في  
قياس مواقع النجوم وتحليل  
إشعاعاتها والقياس صور  
فوتوغرافية لها.

مقراب غاليليو

المناطق الخشنة مُبين  
مواقع ابتعاث شعاع  
الاشعة السينية،  
صورة بأشعة إكس  
لكاسيوبيا (بقايا  
تحتدم اعظم)



## صور الفضاء

على مدى عدة قرون، ظلت الطريقة الوحيدة  
لاستطلاع خفايا الكون هي تجميع أمواج  
الضوء المنبعثة من الأجرام الفضائية  
ودراسها. أما اليوم فيستطيع الفلكيون تجميع  
ودراسة أنواع أخرى من الإشعاعات المنبعثة،  
كالأشعة السينية مثلاً، لأعداد صور أدق عن  
الكون. فالصورة المُقابلة بالأشعة السينية (أشعة  
إكس) يُقايها نجم مُتفجر (مُتجدد اعظم) يُظهر تفاصيل  
واضحة ناصعة - في حين إنها لو التقطت بأمواج ضوئية  
فقط، لما بان منها سوى كتلة غائبة خافتة التوهج.



# الكَوْن

الكَوْن

مجموع المجرات في الكون يقارب  
١٠٠٠٠٠٠ مليون مجرة.

الكَوْن هو كُلُّ شَيْءٍ يُمكنُ أَنْ تُفَكَّرَ فِيهِ وَأَكْثَرُ. فهو يشملُ جميعَ المَجَرَّاتِ والنُّجُومِ والكواكبِ والأقمارِ والحيواناتِ والنباتاتِ والكُتُبِ، كموسوعتك هذه، كما يشملُك أنتَ وغيرُكَ من بني البَشَرِ - ويشملُ حتَّى الفراغَ بين هذه جميعًا. لقد حسبَ الأقدمون أنَّ الكَوْنَ يضمُّ فقط ما يُشاهدونه بأعينهم من الأرض؛ وكانوا يعتبرون الأرضَ مركزَ الكَوْنِ وأهمَّ جزءٍ فيه. أمَّا اليومَ، فنحنُ نَعْلَمُ كَمَ هو الكَوْنُ شاسِعٌ بما يفوقُ التَّصَوُّرَ، وأنَّ الأرضَ ما هي إلا جُزءٌ ضئيلٌ جدًا منه. لقد تطوَّرَ مَفْهُومُنَا الحاليُّ لِلكَوْنِ بفضلِ علماءِ الفَلَكِ والكونيَّاتِ في هذا القَرْنِ؛ فالفلَكِيُّونَ يدرسونَ أجزاءً مُعَيَّنَةً من الكون - فيما يَجْهَدُ الكونيُّونَ لِتَعْرِفِ أصلَ الكَوْنِ ونشأته وتطوُّراته.

## الكَوْنُ المُتَغَيِّرُ

كُلُّ شَيْءٍ فِي الكَوْنِ يَتَغَيَّرُ. فعلى الأرضِ، يَتَغَيَّرُ بَنُو البَشَرِ بَعْدَ انقضاءِ آجالِهِم، وكذلك النباتاتُ والكائناتُ الأخرى. والنُّجُومُ في الفضاءِ أيضًا لها آجالُها، وهي دائمةُ التَّغَيَّرِ، حتَّى الكَوْنُ كَمجموع لا يبقى على حاله، فهو أيضًا له أَجَلُهُ الخاصُّ. ففي مطلعِ هذا القَرْنِ، اكتشفَ الفلكيُّونَ أنَّ جميعَ المَجَرَّاتِ (مجموعاتٍ عظيمةٍ من النجوم) يتباعدُ بعضها عن بعضٍ بِسُرْعَةٍ، وأنَّ الكَوْنَ يمتدُّ باستمرارٍ.

## السَّنَةُ الضوئية

المَسَافَاتُ فِي الكَوْنِ شاسِعَةٌ جدًا بحيثُ تُقاسُ بالسَّنينِ الضوئية. والسَّنَةُ الضوئيةُ هي المَسَافَةُ التي يقطعها الضوءُ في سنة. ولما كانت سُرْعَةُ الضوءِ تساوي ٣٠٠.٠٠٠ كم في الثانية، فإنَّ هذه المَسَافَةُ تبلغُ ٩٤٦.٠٠٠ مليون كيلومترٍ.



البَشَرُ

الأرضُ  
يعيشُ البَشَرُ على كوكبِ  
هو الأرضُ.

يُولَفُ البَشَرُ جُزءًا ضئيلًا من الكَوْنِ.

## الانزياحُ نحوَ الأحمرِ

يسري الضوءُ أمواجًا. فالمرجَّةُ الضوئيةُ المُضْغِطَّةُ المرتبِطَةُ زرقاءُ، بينما المُمتَدَّةُ المُتَفَلِّتَةُ حمراءُ - وفي ما بينهما باقي ألوانِ الطيفِ الأخرى. إنَّ أمواجَ الضوءِ من مَجَرَّةٍ، تتحرَّكُ بعيدًا عنَّا، تُمتدُّ نحوَ الطرفِ الأحمرِ لِلطيفِ - فيما تُسمَّى الانزياحُ نحوَ الأحمرِ؛ ويزدادُ هذا الانزياحُ بازديادِ سُرْعَةِ المَجَرَّةِ. ويعلمُ الفلكيُّونَ، تبعًا لقانونِ هَبِلَ، أنَّ المَجَرَّاتِ الأبعدَ تتحرَّكُ بعيدًا بِسُرْعَةٍ أَكْثَرَ من المَجَرَّاتِ الأقربِ. وهكذا يتبيَّنُ، بمدى الانزياحِ نحوَ الأحمرِ، بُعدُ المَجَرَّةِ مَوْضِعَ الدَّرْسِ عن الأرضِ.

سرعةُ الضوءِ هي السَّرْعَةُ القياسِيَّةُ القُصْوَى في الكَوْنِ؛ بحيثُ إنَّ لا شيءَ أسرعَ من الضوءِ. ومع ذلك، فإنَّ ضوءَ أَقْرَبِ نَجمٍ إلينا (عدا الشَّمْسَ) يستغرقُ ٤.٣ سنة ليصلَ إلى الأرضِ، أي إنَّ بُعْدَهُ يَبْلُغُ ٤.٣ سَنَةً ضوئيةً - فنحنُ نراه حاليًّا كما كان هو منذُ ٤.٣ سنة.

الضوءُ البُرْتَقَالِيُّ المُحمَّرُ المُتَبَعِّثُ من هذه المَجَرَّةِ يُبَيِّنُ أَنَّها تتحرَّكُ بعيدًا عنَّا.

الضوءُ المُتَبَعِّثُ من هذه المَجَرَّةِ مُنْزَاحٌ أَكْثَرَ نحوَ الطرفِ الأحمرِ لِلطيفِ. ولهذا يُبَيِّنُ أنَّ سُرْعَةَ هذه المَجَرَّةِ أَكْثَرُ وَأَنَّها أبعدُ من المَجَرَّةِ أعلاه.

## دَرَبُ النِّبَّانَةِ

الشَّمْسُ مَجَرَّةٌ نَجمٌ واحدٌ فقط من قُرابة ٥٠٠.٠٠٠ مليون نَجمٍ في مَجَرَّةِ سُتِي دَرَبِ النِّبَّانَةِ.

يعتقدُ الفلكيُّونَ أنَّ هنالك الملايينَ من النُّجُومِ التي لها كواكبُها الخاصَّةُ في الكَوْنِ. لكنَّ الشَّمْسَ هي، حتَّى الآنَ، النَجمُ المعروفُ الوحيدُ الذي ينطبقُ عليه ذلك.

## إدوين هَبِلَ

في العام ١٩٢٤، بيَّنَ الفلكيُّ الأمريكيُّ، إدوين هَبِلَ (١٨٨٩-١٩٥٣)، أنَّ السُّدَمَ (رُقعًا ضوئيةً ضبابيةً في الفضاء) هي مَجَرَّاتٌ بعيدة. وفي العام ١٩٢٩، وَجَدَ أنَّ السَّرْعَةَ التي تتحرَّكُ بها مَجَرَّةٌ ما، بعيدًا عن الأرضِ، تعتمدُ على بُعْدِها عن الأرضِ. فإذا كان بُعدُ مَجَرَّةٍ خمسةَ أضعافٍ بُعدِ أخرى، فإنَّها تتحرَّكُ بِسُرْعَةٍ تساوي خمسةَ أضعافٍ سُرْعَةِ الأخرى. وهذا هو قانونُ هَبِلَ.



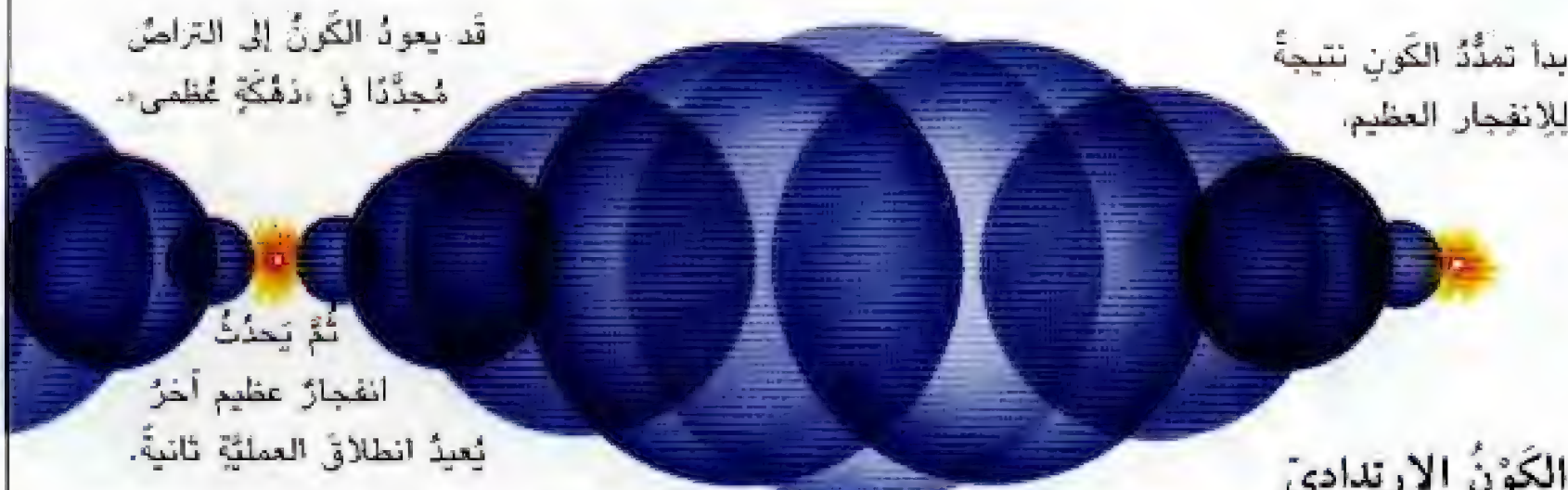
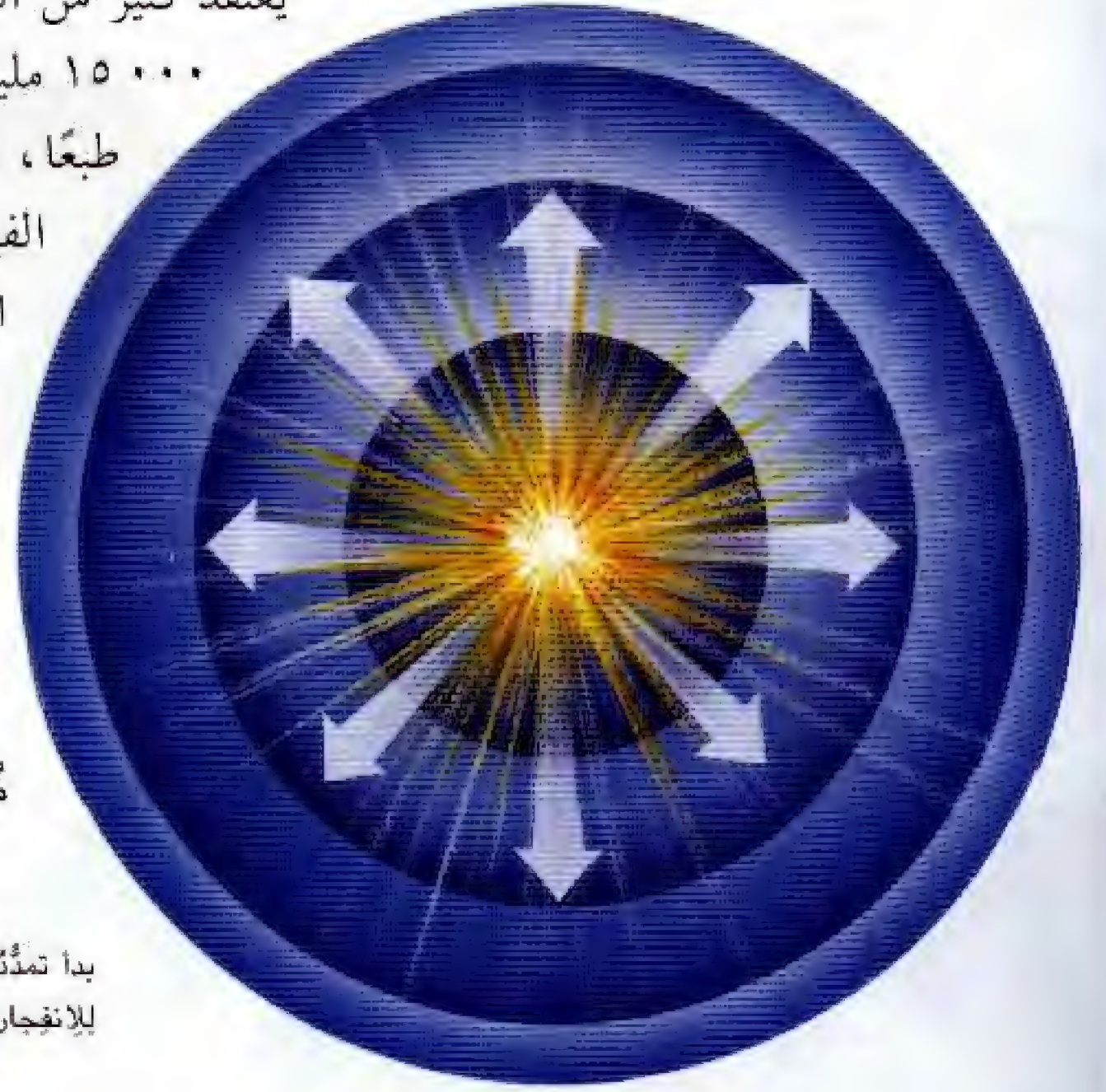
## لزيد من المعلومات انظر

- قياسُ الصوت ص ١٨٠
- الضوء ص ١٩٠
- أصلُ الكَوْنِ ص ٢٧٥
- المَجَرَّاتُ ص ٢٧٦
- النُّجُومُ ص ٢٧٨
- النَّظَامُ الشَّمْسِيُّ ص ٢٨٣
- علمُ الفَلَكِ ص ٢٩٦



# أصل الكون

يَعْتَقِدُ كَثِيرٌ مِنَ الْعُلَمَاءِ أَنَّ الْكَوْنَ نَشَأَ عَنْ انفجارٍ هائل هو الانفجار العظيم، منذ ١٥٠٠٠ مليون سنة، تولدت فيه كُلُّ أشكالِ المادَّة والطاقة - كما الفضاء والزمن. طبعًا، لم يكن هناك أحدٌ ليروي ما حدث، ولكنَّ الاكتشافاتِ الفدَّة في عِلْمِي الفيزياء والفلك مَكَّنَتِ الْعُلَمَاءَ مِنْ اقْتِفَاءِ تَارِيخِ الْكَوْنَ حَتَّى جُزْءِ الثَّانِيَةِ الْأَوَّلِ مِنْ نَشَأَتِهِ. وَهُمْ يَعْتَقِدُونَ أَنَّ مَادَّةَ الْكَوْنَ قَبْلَ الانفجار كانت هَيُولَى مُطْلَقَةً مُتْرَاصَّةً فِي حِجْمٍ ضَخِيمٍ، وَأَنَّهَا فِي تَمَدُّدٍ مُسْتَمِرٍّ مُنْذُئِذٍ. وَقَدْ وُضِعَتِ نَظَرِيَّةُ الانفجار العظيم عام ١٩٣٣، ثُمَّ قُدِّمَتِ نَظَرِيَّةٌ أُخْرَى عام ١٩٤٨، تُعَرِّفُ بِنَظَرِيَّةِ الْحَالَةِ الْمُسْتَقَرَّةِ، مَفَادُهَا أَنَّ تَخَلُّقَ الْمَادَّةِ الْجَدِيدَةِ مُسْتَمِرٌّ؛ وَهَكَذَا فَإِنَّ الْكَوْنَ، كَكُلِّ، لَنْ يَتَغَيَّرَ! لَكِنَّ هَذِهِ النَظَرِيَّةَ لَا يُعْتَدُّ بِهَا الْآنَ. وَقَدْ بَدَأَ الْعُلَمَاءُ مُؤَخَّرًا يَتَدَارَسُونَ مُسْتَقْبَلَ الْكَوْنَ وَمَا الَّذِي يَنْتَظِرُهُ تَالِيًا.



## الانفجار العظيم

مِنْذُ حَوَالِي ١٥٠٠٠ مليون سنة كان الْكَوْنَ ضَخِيمًا ضَخِيمًا وَحَارًّا جَدًّا؛ وَبِالْإِنْجَارِ الْعَظِيمِ بَدَأَتْ عَمَلِيَّةُ التَّمَدُّدِ وَالتَّغْيِيرِ، وَمَا زَالَتْ مُسْتَمِرَّةً حَتَّى الْيَوْمِ. فِخْلَالِ دَقَائِقٍ مِنْ حُدُوثِ الْإِنْجَارِ أَخَذَتِ الْجُسَيْمَاتُ الذَّرِيَّةُ بِالتَّلَامُّ مُكَوَّنَةً غَارِي الْهَلِيُومِ وَالْهَيْدْرُوجِينِ اللَّذَيْنِ، عَلَى مَرِّ مِلْيَافَيْنِ السَّنِينَ، أَنْتَجَا الْمَجَرَّاتِ وَالنُّجُومَ وَالْكَوْنَ كَمَا نَعْرِفُهُ الْيَوْمَ.

## الكون الارتدادي

مَا هُوَ مُسْتَقْبَلُ الْكَوْنَ؟ لِلْعُلَمَاءِ نَظَرِيَّاتٌ مُتَبَايِنَةٌ حَوْلَ هَذَا الْمَوْضُوعِ. فَبَعْضُهُمْ، مِنْ أَصْحَابِ نَظَرِيَّةِ الْكَوْنَ الْمَفْتُوحِ، يَرْتَضِي أَنَّ لَا نِهَايَةَ مُخَدَّدَةً لِلْكَوْنَ؛ لَكِنَّهُ سَيَقْصُرُ تَدْرِيجِيًّا قَبْلَ أَنْ يَتَوَقَّفَ! فِيمَا يَرْتَضِي أَصْحَابُ نَظَرِيَّةِ الْكَوْنَ الْمَغْلُوقِ أَنَّ الْكَوْنَ سَيَتَوَقَّفُ عَنِ التَّمَدُّدِ وَيَبْدَأُ بِالتَّقْلُصِ وَالتَّلَامُّ حَتَّى يُصْبِحَ مُتْرَاصًّا جَدًّا أَوْ حَارًّا جَدًّا - نِهْيَةً لِإِنْجَارٍ عَظِيمٍ جَدِيدٍ.

بَدَأَتْ أَشْكَالُ الْحَيَاةِ الْأَوَّلَى بِالظُّهُورِ عَلَى الْأَرْضِ حَوَالِي ١٢٠٠٠ مليون سنة بَعْدَ الْإِنْجَارِ الْعَظِيمِ.

وُلِدَتِ الشَّمْسُ بَعْدَ ١٠٠٠٠٠ مليون سنة مِنْ الْإِنْجَارِ الْعَظِيمِ؛ وَنَشَأَتِ الْأَرْضُ وَالْكَوَاكِبُ مِنَ الْإِنْجَارِ الْمُحِيطَةِ. اِتَّخَذَتِ مَجَرَّتُنَا، دُرْبُ التَّبَّانَةِ، شَكْلَهَا الْقُرْصِيِّ بَعْدَ ٥٠٠٠ مليون سنة مِنَ الْإِنْجَارِ الْعَظِيمِ.

نَشَأَتِ الْكَوَاكِبَاتُ (أَسْلَافُ الْمَجَرَّاتِ) مَا بَيْنَ ٢٠٠٠ وَ ٣٠٠٠ مليون سنة بَعْدَ الْإِنْجَارِ الْعَظِيمِ.

بَدَأَ تَلَامُّ الْمَادَّةِ كُتْلًا بَعْدَ ١٠٠٠ مليون سنة مِنَ الْإِنْجَارِ الْعَظِيمِ.

لمزيد من المعلومات انظر
البَيِّنَةُ الذَّرِيَّةُ ص ٢٤
الْجَلِيدُ وَالْمَتَالِحُ ص ٢٢٨
الْكَوْنَ ص ٢٧٤
الْمَجَرَّاتُ ص ٢٧٦
النُّجُومُ ص ٢٧٨
السَّوَائِلُ (الْأَسْئَالُ الصَّنَاعِيَّةُ) ص ٣٠١



سَاتِلُ سَبْرِ الْخَلْفِيَّةِ الْكُونِيَّةِ (كُوبِي) يَسْتَفْصِي إِشْعَاعَاتِ الْكَوْنَ الْأَوَّلَى. وَقَدْ كَشَفَ، عام ١٩٩٢، تَفَاوُتًا فِي هَذِهِ الْإِشْعَاعَاتِ - وَمَا يُؤَيِّدُ نَظَرِيَّةَ الْإِنْجَارِ الْعَظِيمِ.

## إشعاعات الخلفية

مِنْذُ الْأَرْبَعِينَاتِ مِنْ هَذَا الْقُرْنِ، أَخَذَ الْعُلَمَاءُ يَنْقَضُونَ حَالِ الْكَوْنَ فِي بَدَايَاتِ نَشَأَتِهِ. وَكَانُوا مُدْرِكِينَ لِحَقِيقَةِ أَنَّهُ كَانَ حَافِلًا بِالْإِشْعَاعَاتِ وَأَنَّ تِلْكَ الْإِشْعَاعَاتِ لَا بُدَّ قَدْ بَرَدَتْ مَعَ تَنَامِي الْكَوْنَ وَبُرُودِيَّتِهِ - حَتَّى إِنَّ الْفَلَكِيَّ الْأَمْرِيكِيَّ، جُورْجِ جَامَاوُ، قَدَّرَ دَرَجَةَ الْحَرَارَةِ الَّتِي يَجِبُ أَنْ تَكُونَ عَلَيْهَا الْآنَ. وَفِي عام ١٩٦٥، كَشَفَ الْعَالِمَانِ الْأَمْرِيكِيَّانِ، أَرْنُو بِنَزِيَّاسُ وَرُوبَرْتُ وَيْلَسُونُ عَنْ تَوَاجُدِ مِثْلِ هَذِهِ الْإِشْعَاعَاتِ (الْمُسَمَّاةِ إِشْعَاعَاتِ خَلْفِيَّةٍ) فِعْلًا، فَكَانَ فِي ذَلِكَ بُرْهَانٌ يَدْعُمُ نَظَرِيَّةَ الْإِنْجَارِ الْعَظِيمِ.

## حدود الأزمنة

نَشَأَ الْكَوْنَ مُتَجَانِسَ الْأَجْزَاءِ تَقْرِيْبًا، لَكِنْ مَعَ عَمَلِيَّةِ التَّمَدُّدِ أَخَذَتِ الْمَادَّةُ تَلَامُّ كُتْلًا بِدَاخِلِهِ؛ وَسَاعَدَتِ الْجَذَابِيَّةُ فِي تَجَمُّعِ الْمَزِيدِ مِنْهَا تَارِكَةً مَنَاطِقَ مِنْ الْفَضَاءِ الْخَاوِي بَيْنَهَا. وَفِي نِهَايَةِ الْمَطَافِ، أَنْتَجَتْ مَنَاطِقُ تَجَمُّعِ الْمَادَّةِ كَانَتْ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ قُرَابَةَ ١٠٠٠٠٠ مليون درجة.

نَشَأَةُ الْكَوْنَ - الْإِنْجَارِ الْعَظِيمِ



# المَجَرَّات

تتواجد النُجُومُ في مجموعاتٍ كُبرى تُدعى مَجَرَّات. وقد تنشأت هذه المجموعات الهائلة كسُدُمٍ ضخمةٍ من الغاز مُباشرةً بعد نشأة الكون. وعملت الجاذبية لاحقًا على تكتُّل الغاز في نُجُومٍ مُنفصلة. والمَجَرَّات شاسعةٌ جدًا بحيث إنَّ الضوء من نجمٍ في جانبٍ من مَجَرَّةٍ يستغرق مئات آلاف السنين ليبلغ الجانب الآخر منها. وتكتسبُ المَجَرَّةُ شكلها المُميِّز تبعًا لِنسقِ ترتيب النُجُومِ في داخلها. فالشَّمْسُ تقعُ في مَجَرَّةٍ حلزونيةٍ الشكل تُدعى دُرَبُ التَّبانة. وقد ظلَّ الفلكيُّونَ حتى بدايات هذا القرنِ يعتقدون أنَّ دُرَبُ التَّبانة هي المَجَرَّةُ الوحيدة في الكون؛ لكننا نعلمُ اليوم أنها في الواقع إحدى ١٠٠.٠٠٠ مليون مَجَرَّةٍ فيه.

## المَجَرَّاتُ الأخرى

أثبت الفلكي الأمريكي، إدوين هبل، عام ١٩٢٤، وجودَ مَجَرَّاتٍ أخرى حين بيَّن أنَّ النُجُومَ في سديم المرأة المُسلسلة (دُعي لاحقًا مَجَرَّةُ المرأة المُسلسلة) هي من البعد بحيث يستحيل انبعاثها إلى مَجَرَّةٍ دُرَبُ التَّبانة.



## عوالمٌ بعيدة

منذ بدايات القرن العشرين، رَصَدَ الفلكيُّونَ وجَدُّوا عددًا كبيرًا من الرُّفَعِ الضبابية الغامضة في السماء أسموها سُدُمًا؛ وكان العديد منها قد شوهد منذ عدَّة قرون. واعتقد بعضهم أنها مَجَرَّدُ سُحُبٍ سديميةٍ من الغاز في دُرَبُ التَّبانة، في حين ارتأى آخرون أنها قد تكون مَجَرَّاتٍ بعيدة؛ وبالفعل هذا ما تبين فيما بعد. وقد درسَ الفلكي الأمريكي، إدوين هبل، تلك المَجَرَّات وصنَّفها حسب أشكالها إلى أربعة أصنافٍ رئيسية - لولبية أو حلزونية (كدُرَبُ التَّبانة)، ولولبية عمودية، وإهليلجية، وغير منتظمة.

مَجَرَّةُ حلزونيةٍ ن ج س  
٥١٩٤



## المَجَرَّاتُ الحلزونية

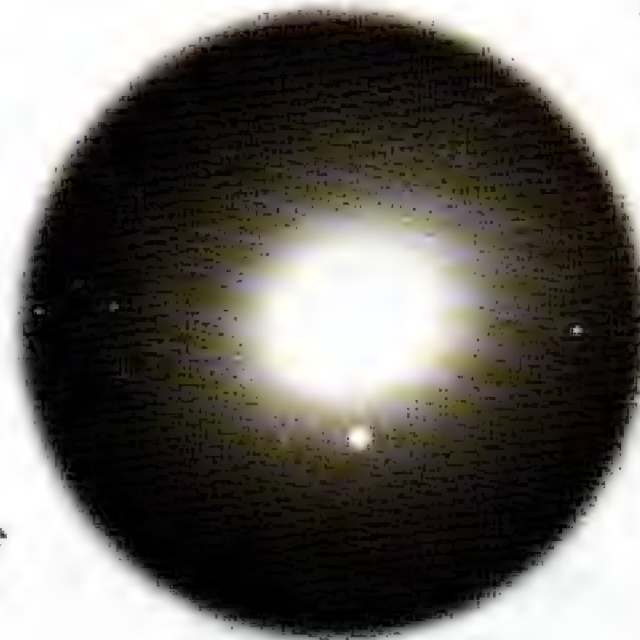
تتألف المَجَرَّاتُ الحلزونية من نُجُومٍ قِيَّةٍ وهرمة. وهي قرصية الشكل ذات أذرع حلزونية. وفي المَجَرَّات اللولبية العمودية، تنفرُّ الأذرعُ من طرفي عمودٍ غير مركز المَجَرَّة.

تبدأ المَجَرَّات كشحُبٍ عملاقة من الغاز. تُدوِّم السحابة فتتشكُّ النُجُومُ وتتخذُ المَجَرَّةُ شكلها، وكلُّما ازدادت سرعة التدويم ازداد تسطحُ المَجَرَّة.

## المَجَرَّاتُ الإهليلجية

المَجَرَّاتُ الإهليلجية مجموعاتٌ مُسطحة كروية الشكل من نُجُومٍ هرمية (في أواخر أعمارها)؛ وهي أكثر أنواع المَجَرَّات انتشارًا في الكون.

١٩٨ مَجَرَّةُ إهليلجيةٍ قُطرها ٥٠.٠٠٠ سنة ضوئية.



## المَجَرَّاتُ غيرُ المنتظمة

المَجَرَّاتُ غيرُ المنتظمة هي التي لم تتخذ شكلًا مُعيَّنًا؛ وهي نادرةٌ جدًا في الكون.

٨٢٨ مَجَرَّةُ غيرُ منتظمة.



مَجَرَّةٌ من خَشِبِ مَجَرَّاتِ السَّيْبِلَةِ اقرب قَبْلُ عَجَازِيٍّ رَاسِيٍّ لِمَجْمُوعَتِنَا المَحَلِّيَّة.

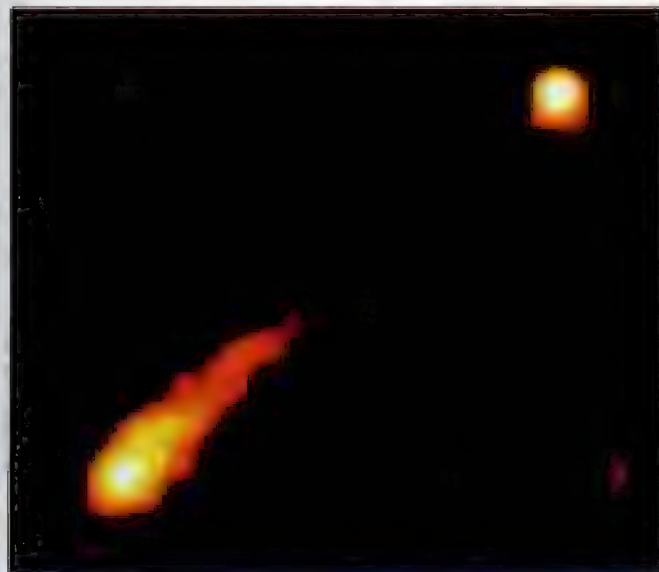


## الأقناء المَجَرَّية

تَنزِعُ المَجَرَّاتُ إلى التراصُّ معًا، فتتَشَكُّرُ غَيرَ الكونِ في حُشودٍ (أو مجموعات) قِيَّةٍ. فَمَجَرَّةُ دُرَبُ التَّبانة مثلاً تقعُ ضمنَ حَشِدٍ قِيَّوِيٍّ يَضُمُّ حوالي ٣٠ مَجَرَّةً تُدعى المَجْمُوعَةُ المَحَلِّيَّة. وقد تتألفُ أقناء أخرى من آلاف المَجَرَّات، أو قد تحتشدُ جماعاتٌ في أقناء عَظْمَى.



صورة بالراديو  
لِكُوَازَر ٣ سي ٢٧٣.  
وقد لُوِجِطَ أنَّ قَلْبَهُ (فوق  
إلى اليسار) وذَيْلُهُ (تحت إلى اليمين)  
مصدران قويَّان لانبعاثات الأمواج الراديوية.



## الكُوَازارات (الكُوَازِر)

عام ١٩٦٣، اكتشفت فئة جديدة من الأجرام تُسمى الكُوَازارات. وهي أجسامٌ شديدة التألُّق نافيةٌ جدًا، تسيرُ مُبتعدةً عنا بِسرعة هائلة. ولا يزالُ الكثيرُ من أسرارها غامضًا؛ والمُعْتَقَدُ حاليًا أنَّها قُلُوبُ مَجَرَّاتٍ قِيَّةٍ جدًا.



## دَرْبُ التَّبَّانَةِ

دَرْبُ التَّبَّانَةِ (أو الطريق اللَّبَنِيّ) مَجَرَّةٌ حلزونيةٌ تتَّحَدُّ في وَسْطِهَا النُّجُومُ فَتَكْسِبُهَا انْتِفَاحًا مَرَكِزِيًّا تَتَشَعَّبُ مِنْهُ أَذْرُعٌ مِنَ النُّجُومِ، تَتَوَاجَدُ مِنْظُومَتُنَا الشَّمْسِيَّةُ فِي ذِرَاعٍ مِنْهَا. وَهَذَا يَعْنِي أَنَّنَا، مِنْ نِصْفِ الْكُرَّةِ الْجَنُوبِيّ لِلْأَرْضِ، نُوَاجِدُ مَرَكِزَ الْمَجَرَّةِ فِي حِينٍ يُطَالِعُنَا طَرَفُهَا مِنْ نِصْفِ الْكُرَّةِ الشَّمَالِيّ. وَدَرْبُ التَّبَّانَةِ، كَسَائِرِ الْمَجَرَّاتِ، مُسْتَوِرةٌ الْحَرَكَةِ لَيْسَ فَقَطْ كَمَجَرَّةٍ سَابِجَةٍ بِكَامِلِهَا فِي الْفَضَاءِ، بَلْ إِنَّ النُّجُومَ فِي دَاخِلِهَا أَيْضًا تَدُورُ بِاسْتِمْرَارٍ حَوْلَ مَرَكِزِ الْمَجَرَّةِ.

صورةٌ لِذَرْبِ التَّبَّانَةِ مِنْ مَوْقِعٍ فِي نِيوزِيلَنْدَا



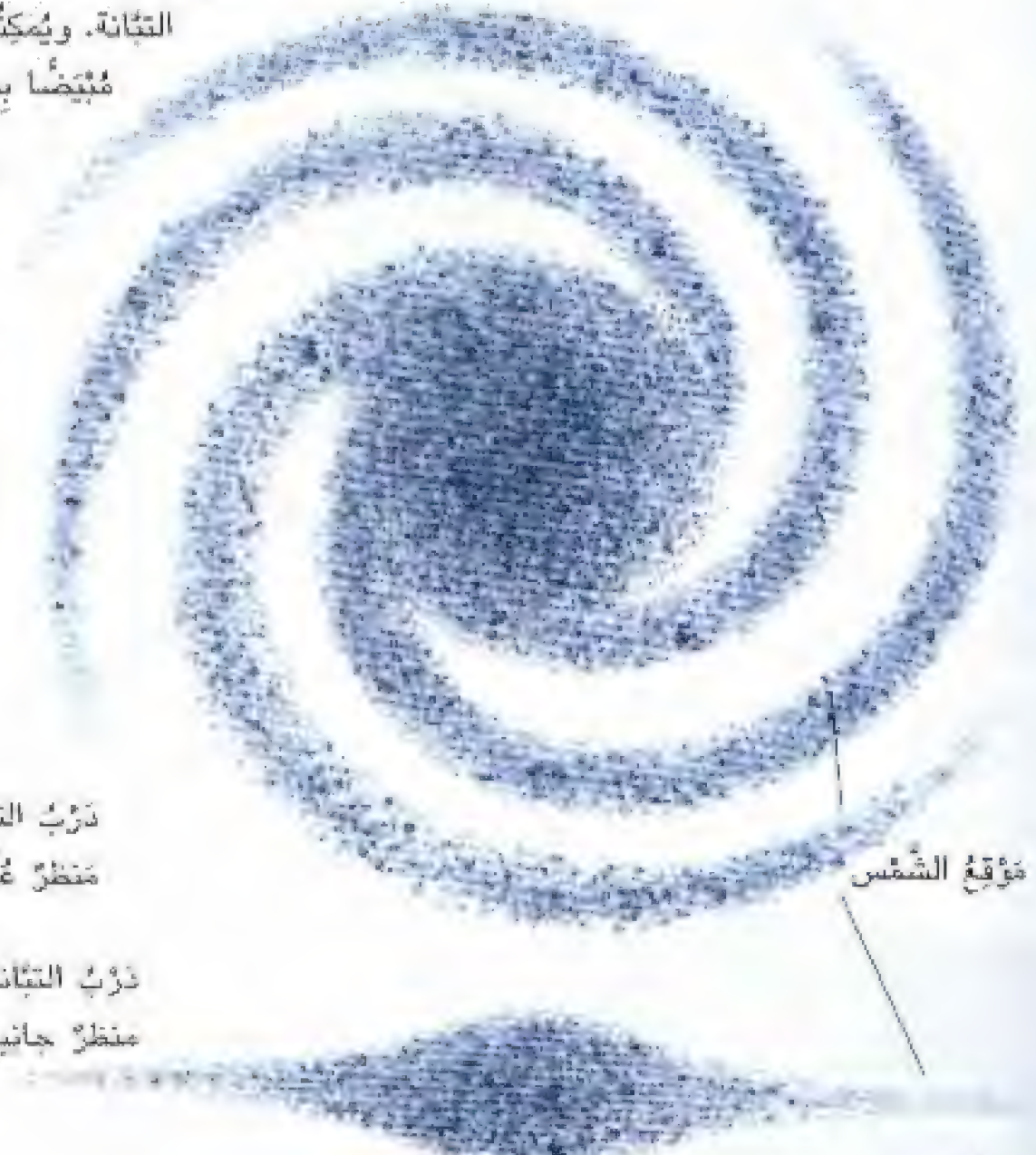
كُلُّ النُّجُومِ الَّتِي تَرَاهَا فِي السَّمَاءِ لَيْلًا تَنْتَشِي إِلَى ذَرْبِ التَّبَّانَةِ. وَبِمُكَيِّتِكَ أحيانًا تُشَاهِدُهُ الطَّرِيقَ اللَّبَنِيّ مُبَيَّضًا بِضَوْءِ مِلَايِينَ النُّجُومِ فِي الْمَجَرَّةِ.

### أَسْطُورَةُ ذَرْبِ التَّبَّانَةِ

سُمِّيَتْ ذَرْبُ التَّبَّانَةِ أَوِ الطَّرِيقُ اللَّبَنِيّ كَذَلِكَ لِأَنَّهَا تَبْدُو، فِي سَمَاءِ اللَّيْلِ، كَتَرَشَاشِ اللَّبَنِ. فِي أَيَّامِ الْإِغْرِيقِ، قَبْلَ أَنْ يَتَعَرَّفَ النَّاسُ الْحَقَائِقَ الْفَلَكِيَّةَ عَنْ ذَرْبِ التَّبَّانَةِ، عَزَبَ الْأَسَاطِيرُ نَشَاتَهَا إِلَى لَبَنِ ائْتَلَقَ بَيْنَمَا كَانَ هِرَقْلُ الْفَتْلُ يَرْتَوِي مِنْ ثَدْيِ الْإِلَهَةِ هِيرَا.

لَا تَبْقَى النُّجُومُ فِي مَوْقِعٍ وَاحِدٍ دَاخِلَ الْمَجَرَّةِ. فَهِيَ، عَلَى مَدَى فُتُرَاتٍ زَمَنِيَّةٍ طَوِيلَةٍ، تَتَنَقَّلُ دَاخِلَ وَخَارِجَ الْأَذْرُعِ الْحَلِزُونِيَّةِ.

يَسْتَعْرِقُ الشَّعَاعُ الضَّوْثِيّ ١٠٠٠٠٠٠ سَنَةً لِتَعْبُرَ مِنْ أَحَدِ جَوَانِبِ الْمَجَرَّةِ إِلَى الْجَانِبِ الْآخَرِ.



تَسْتَعْرِقُ الشَّمْسُ حَوْلَى ٢٢٠ مِلْيُونِ سَنَةٍ لِتُكْمَلَ دَوْرَةُ وَاحِدَةٍ حَوْلَ مَرَكِزِ الْمَجَرَّةِ.

دَرْبُ التَّبَّانَةِ - مَنَظَرٌ عُلُويٌّ

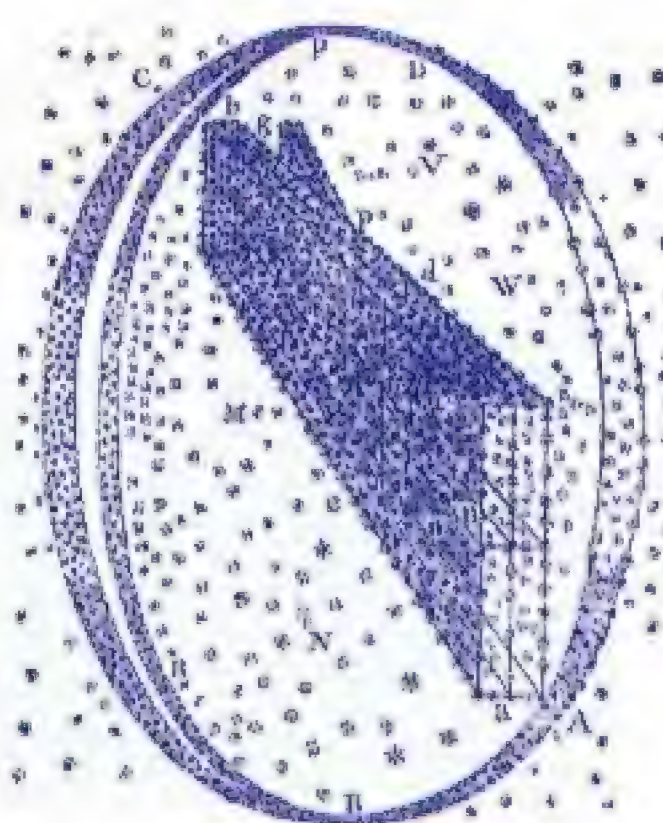
دَرْبُ التَّبَّانَةِ - مَنَظَرٌ جَانِبِيٌّ

### مَوْقِعُ الشَّمْسِ

تَقَعُ الشَّمْسُ فِي إِحْدَى الْأَذْرُعِ الْحَلِزُونِيَّةِ لِذَرْبِ التَّبَّانَةِ، عَلَى قُرَابَةِ ثُلَاثِي الْمَسَافَةِ مِنْ مَرَكِزِهَا؛ وَهِيَ مَجَرَّةٌ نَجْمٌ وَاحِدٌ مِنْ حَوْلَى ٥٠٠٠٠٠٠ مِلْيُونِ نَجْمٍ تَوَلَّفَتِ الْمَجَرَّةُ. وَتَوَاجَدُ النُّجُومُ أَيْضًا مَا بَيْنَ الْأَذْرُعِ الْحَلِزُونِيَّةِ؛ لَكِنْ نَجُومُ الْأَذْرُعِ الْأَقْنَى وَالْأَكْثَرُ نَأْلَقًا هِيَ الَّتِي تُكْسِبُ الْمَجَرَّةَ شَكْلَهَا الْمُمَيَّزَ.

### نَمُودَجٌ هِرْشِل

فِي الْقَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ أَجَرَى الْفَلَكِيّ الْبَرِيطَانِيّ، وَتِيمُ هِرْشِل (١٧٣٨-١٨٢٢)، مَسْحًا لِلنُّجُومِ فِي ذَرْبِ التَّبَّانَةِ - حَيْثُ يُمَكِّنُ بِالْعَيْنِ الْمَجَرَّةَ رُؤْيَا قُرَابَةً ٢٠٠٠ نَجْمٍ، أَمَّا بِوَسْطَةِ التِّلِسْكَوبِ فَيُمَكِّنُ رُؤْيَا عِدَّةٍ مِلَايِينَ مِنَ النُّجُومِ - وَمِمَّا يَفْرُقُ إِمْكَانِيَّةَ الْعَدِّ. وَقَدْ قَامَ هِرْشِلُ بِإِحْصَاءِ النُّجُومِ فِي مَنَاطِقٍ مُعَيَّنَةٍ، ثُمَّ عَمَّمَ مُعَدَّلَاتِهَا عَلَى الْمَجَرَّةِ بِكَامِلِهَا فَحَقَّقَ بِذَلِكَ نَمُودَجًا دَقِيقًا نَوْعًا لِذَرْبِ التَّبَّانَةِ. وَكَانَ وَمِمَّا ارْتَأَاهُ هِرْشِلُ أَيْضًا أَنَّ بَعْضَ السُّدُمِ قَدْ تَكُونُ مَنْظُومَاتٌ نَجْمِيَّةٌ خَارِجَ مَجَرَّاتِنَا؛ وَهَذَا مَا تَبَيَّنَتْ صِحَّتُهُ بَعْدَ أَكْثَرِ مِنْ قُرْنٍ.



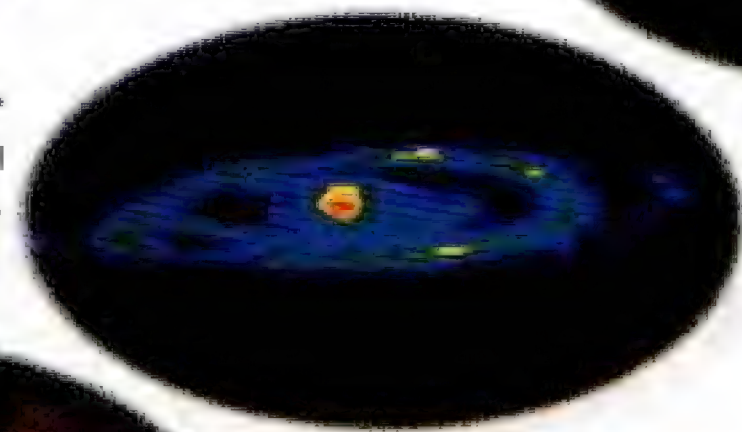
نَمُودَجٌ وَتِيمُ هِرْشِلُ لِلنُّجُومِ فِي ذَرْبِ التَّبَّانَةِ

صُورَةُ لِلضَّوْءِ الْمُنْطَلِقِ مِنْ مَجَرَّةٍ الْمَرَاةِ الْمُسْتَلْسِلَةِ (M٣٠)، الَّتِي هِيَ أَقْرَبُ الْمَجَرَّاتِ الرَّاسِيَّةِ إِلَى مَجَرَّاتِنَا.



### تُعَايِنَةُ الْمَجَرَّاتِ

لِلْمُحْصُولِ عَلَى صُورَةٍ أَكْثَرُ وَضُوحًا وَاكْتِمَالًا عَنْ الْكَوْنِ يُعَمِّدُ الْفَلَكِيُّونَ إِلَى تَجْمِيعِ أَنْمَاطٍ أُخْرَى مِنْ إِشْعَاعَاتِهِ إِضَافَةً إِلَى الضَّوْءِ. فَالْمَنَاطِرُ بِالْأَشِعَّةِ السَّيْنِيَّةِ (أَشْعَةُ إِكْس) مِثْلًا، تَكْشِفُ مَنَاطِقَ الْفَاعِلِيَّةِ النِّشْطَةِ الشَّدِيدَةِ الْحَرَارَةِ. وَتُظْهِرُ الْمَنَاطِرُ بِأَشِعَّةِ جَامَا مَنَاطِقَ انْتِفَاقِ الطَّاقَةِ بِالتَّغَاغُلَاتِ النَّوَوِيَّةِ. كَمَا يُمَكِّنُ بِالْأَطْوَالِ الْمَوْجِيَّةِ الْأُخْرَى تَحْدِيدَ مَنَاطِقِ تَرَكُّزِ غَايِ الْهَيْدُرُوجِيِّينَ بَيْنَ النُّجُومِ، وَكَذَلِكَ مَنَاطِقِ الْغُبَارِ الْبَارِدِ.



صُورَةُ بِالْأَشِعَّةِ السَّيْنِيَّةِ لِمَجَرَّةِ الْمَرَاةِ الْمُسْتَلْسِلَةِ. قَلْبُ الْمَجَرَّةِ هُوَ الْمَنْطَقَةُ الْمُتَالِفَةُ فِي الْمَرَكِزِ (الْجَزْءِ) الَّتِي يُطْلَقُ مِنْهَا مُعْظَمُ هَذِهِ الْأَشِعَّةِ.

صُورَةُ بِالْأَشِعَّةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ لِمَجَرَّةِ الْمَرَاةِ الْمُسْتَلْسِلَةِ. هَذِهِ الْأَشِعَّةُ تَسْتَعْرِقُ ٢,٢ مِلْيُونِ سَنَةً لِتَبْلُغَ الْأَرْضَ.



### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْكَوْنُ ص ٢٧٤ ، النُّجُومُ ص ٢٧٨
- دَوْرَةُ حَيَاةِ النُّجُومِ ص ٢٨٠
- الْكُوكِبَاتُ (الْأَبْرَاجُ) ص ٢٨٢
- الشَّمْسُ ص ٢٨٤
- أَرَانُوسُ ص ٢٩٢
- تِلِسْكَوبَاتُ الْفَضَاءِ ص ٢٩٨



# النُّجُوم

كُلُّ نجم من النُّجُوم التي تَراها في سَماء الليل هو في الحَقِيقَةِ كُرَّةٌ هائلةٌ مُدَوِّمةٌ من الغاز المُضَيءِ الشَّدِيدِ الحَرارة. وتَتماسِكُ غازاتُ النجم بِفعلِ الجاذبيَّةِ، كما إنَّ مصدرَ طَاقَةِ النُّجُوم هو «استِعارُ» تلكَ الغازات في تفاعلٍ لا يُشَبِّهُ استِعارَ الفحم بل هو تفاعلٌ أَشدُّ فاعليَّةً وكِفايةً يُعرَفُ بِالاندِماجِ النَّوَوِيِّ. إنَّ كَميَّةَ الغاز التي يتألَّفُ النجمُ منها مُهمَّةٌ جدًّا، إذ إنَّها تُحدِّدُ جاذبيَّته ودرجةَ حرارته وضغطه وكثافته وحجمه. وتتواجدُ النُّجُومُ في مَجَرَّاتٍ تحوي الواحدةُ منها آلافَ ملايينِ النُّجُومِ من أَصنافٍ مُختلفة. ولم يبدَأِ الفلكيُّونَ في تفهُّمِ طبيعَةِ النُّجُومِ حقًّا إلا خلالَ هذا القَرْنِ؛ وكانَ أَهَمُّهم قَبْلًا مُنصَبًّا على مَواقِعِها.

## أطياف النُّجُوم

يُستخدَمُ الفلكيُّونَ مُعدَّاتٌ خاصَّةٌ تُجمَعُ ضوءَ النجمِ ثُمَّ تُفرِّقه إلى طيفٍ. ويتَّضحُ طيفُ النجمِ حُطوطًا مُظلمةً، تُدعى حُطوطُ الإمتصاصِ، تُبينُ العناصرَ المُتواجدةَ في ذلك النجم. ولقد صَنَعَتِ الفلكيَّةُ الأَمريكيَّةُ، أُنِي جَمب كاثُون وآخرونَ، أطيافَ آلافِ النُّجُومِ في أنماطٍ مُختلفةٍ رَقِّموا كُلَّ نَمَطٍ منها بِحرفٍ إِفبائيٍّ، ثُمَّ أَعَدُّوا تَرتيبَها بِحسبِ درجةِ الحرارةِ السَّطحيَّةِ فيها. والأنماطُ الرَّئيسيَّةُ من الأَسْخَنِ فالأَبْرَدُ هي «O»، «B»، «A»، «F»، «G»، «K» و «M».

الفجواتُ، أو حُطوطُ الإمتصاصِ، في الطيفِ تُبيِّنُ أنماطَ الضوءِ التي اِمتَصَّها النجمُ. وهذا يُحدِّدُ أنواعَ العناصرِ التي يتألَّفُ منها النجمُ.

يتحرَّكُ النجمُ القَريبُ على خَلْفِيَّةٍ من النُّجُومِ الأبعدِ كَثِيرًا. وكُلُّما زادَ تحرُّكُهُ كانَ، بالضرورةِ، أَقربَ إلى الأرضِ.



## اِختِلافُ المَنظَرِ

صَغُ إصْبَعُكَ أَمَامَكَ، وانظُرْ إليها أوَّلًا بِعينِكَ اليُسرى فَقَطْ، ثُمَّ بِعينِكَ اليُمْنى فَقَطْ؛ فَسَتَجِدُ أَنَّ إصْبَعَكَ انزاحَتْ من مَوقِعِها بالنِّسبةِ لِلخَلْفِيَّةِ وراءَها. ويزدادُ هذا الانزياحُ كُلُّما كانت الإصْبَعُ أَقربَ إِلَيْكَ. وهكذا يُتَخَذُ الانزياحُ قِياسًا نَوعِيًّا لِلْمَسافَةِ بين الإصْبَعِ والعَيْنِ. هذه الظاهِرةُ، المَعروفةُ بِاِختِلافِ المَنظَرِ، يُمكنُ اسْتِخدامُها على نَطاقٍ أعظَمُ كَثِيرًا لِاحْتِسابِ أبعادِ النُّجُومِ القَريبةِ. وَحيثُ إنَّ الأرضَ تَدورُ في مَدارِها حَولَ الشَّمْسِ، فسيبدو النجمُ وكأنَّه يتحرَّكُ بِبطءٍ على خَلْفِيَّةِ من النُّجُومِ الأبعدِ كَثِيرًا. ويُقاسُ زاويَةُ اِختِلافِ المَنظَرِ الحاصِلَةِ يُمكنُ تَقديرُ المَسافَةِ بين النجمِ والأرضِ.

تحتوي أَجْهزةُ دراسةِ الطيفِ، كالطيفاتِ مَثَلًا، مُوشوراتٍ تُفَرِّقُ ضوءَ النجمِ إلى طيفٍ يُمكنُ تحليله.



## داخِلُ النجمِ

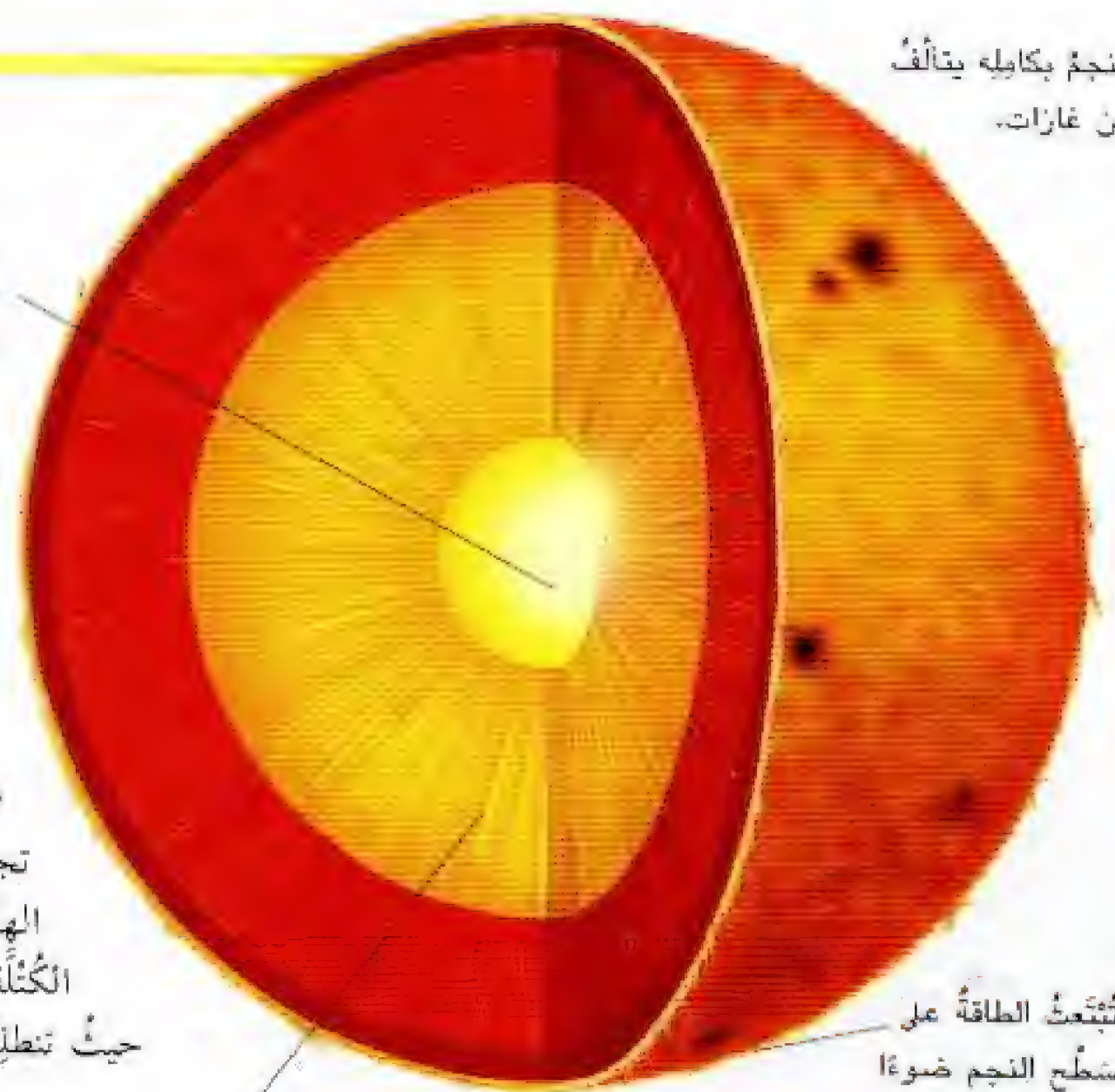
مُعْظَمُ النُّجُومِ، كالشَّمْسِ، تتألَّفُ بِكاملِها تقريبًا من غازَينِ هُما الهيدروجينُ والهيليومُ، بالإضافة إلى كَميَّاتٍ ضئيلةٍ جدًّا من عناصرٍ أُخرى. وينضِغُ الغازانِ بِشِدَّةٍ هائلةٍ في قَلْبِ النجمِ (مُركِّزِهِ) الذي يُصبحُ كَثيرًا جدًّا وَحارًّا جدًّا - بحيثُ تجري فيه تفاعلاتُ الاندِماجِ النَّوَوِيِّ. فَتُتَحَدُّ ذَرَّاتُ الهيدروجينِ لِتُنتِجَ الهيليومَ، فيما تُبْتَعَثُ طَاقَةٌ هائلةٌ بِفَقْدِ الكُثْلَةِ. وَتَسْتَقِلُّ هذه الطَاقَةُ من القَلْبِ إلى سَطحِ النجمِ حيثُ تَنتَظِرُ ضوءًا وَحرارةً.

الطَاقَةُ المُتَبَعَثَةُ من القَلْبِ تَنتَقِلُ غَيرَ النجمِ بِالخَطَلِ والإشعاعِ.

يُؤخَذُ قِياسُ لَمَوقِعِ النجمِ عَندما تَكونُ الأرضُ هَنا.



تَشُدُّ الجاذبيَّةُ الغازاتِ إلى الداخلِ، فيما يَدفَعُها الضوءُ والضغطُ إلى الخارجِ.



## سِيسِيلِيَا پاينِ چاپوشكين

في القَرْنِ التاسعِ عَشَرَ، بَيَّنَ الفلكيُّ الإنكليزيُّ، وَلِيمُ هِجِنز، أَنَّ النُّجُومَ تتألَّفُ من العناصرِ نَفسِها التي تتألَّفُ منها الأرضُ. لَكِنْ في العِشرينِياتِ من القَرْنِ العِشرينِ برهَنتِ الفلكيَّةُ البريطانيَّةُ، سِيسِيلِيَا پاينِ چاپوشكين (١٩٠٠-١٩٧٩)،

أَنَّ النُّجُومَ تتألَّفُ في مُعْظَمِها من الهيدروجينِ. كما اكتَشَفَتْ أيضًا أَنَّ تَركيبَ مُعْظَمِ النُّجُومِ مُتَماثلٌ. وكانت هذه اِكتِشافاتٌ عَظيمةٌ جَعَلَتِها رائدةً في مَجالِ الفيزياءِ الفلكيَّةِ النجميَّةِ (علمِ ودراسةِ العمليَّاتِ الطبيعيَّةِ والكِيميائيَّةِ في النُّجُومِ).





## نجوم المتواليّة الرئيسيّة

النجوم في أعلى المتواليّة الرئيسيّة كتلة الواحد منها أكثر من كتلة الشمس ٦٠ مرة. أما تلك التي في أسفلها فكتلة النجم منها  $\frac{1}{10}$  من كتلة الشمس فقط.

هذا النجم الأبيض المُرّوق هو من النمط بي «B»، حيث تبلغ درجة الحرارة حوالي ٣٠٠٠٠°س.

النجوم البيض هي من النمط اي «A» حيث تبلغ درجة الحرارة حوالي ١٠٠٠٠°س.



### قنوّ علبّة المَجوهرات

يبدو معظم النجوم كنقاط نيرة فضيّة في سماء الأرض؛ لكن يُمكننا رؤية اللون الحقيقي لبعض النجوم. هذه المجموعة المتألّقة المتعددة الألوان تُسمّى قنوّ علبّة المَجوهرات.

هذا النجم الأبيض المُصَفَّر هو من النمط إف، حيث درجة الحرارة حوالي ٧٥٠٠°س.

هذا النجم الأصفر يُسمّى شمسنا - وهو نجم من النمط جي، وتبلغ درجة حرارته حوالي ٦٠٠٠°س.



هذا النجم البرتقالي من النمط كي، وتبلغ درجة حرارته ٤٧٠٠°س.



هذا النجم الصغير جدًا هو قرم أحمر خافت بارد نوعًا من النمط إم، وتبلغ درجة حرارته حوالي ٣٠٠٠°س.



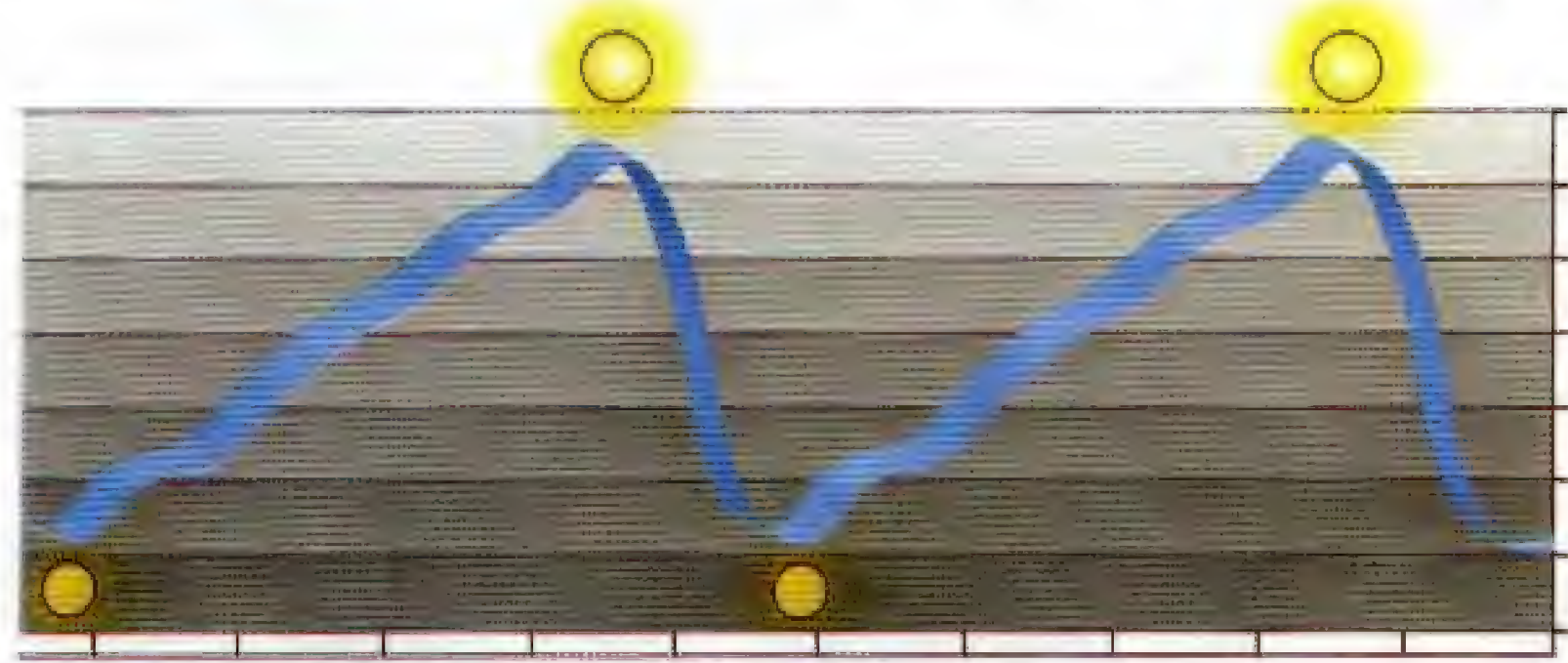
الغالبية الرُزُوق نجوم ساطعة جدًا وحارّة جدًا، وهي من النمط أو «O» حيث تبلغ درجة الحرارة حوالي ٣٥٠٠٠°س.

الانماط الطيفيّة النجميّة أو، بي، إي، إف، جي، كي، إم (فيما سُمّي لاحقًا تصنيف هازنارد) ذات علاقة بلون النجم ودرجة حرارته. فالنجوم ذات النمط أو رُزُوق حارّة، والنجوم ذات النمط إم خُمُر وأخفَضُ حرارة.

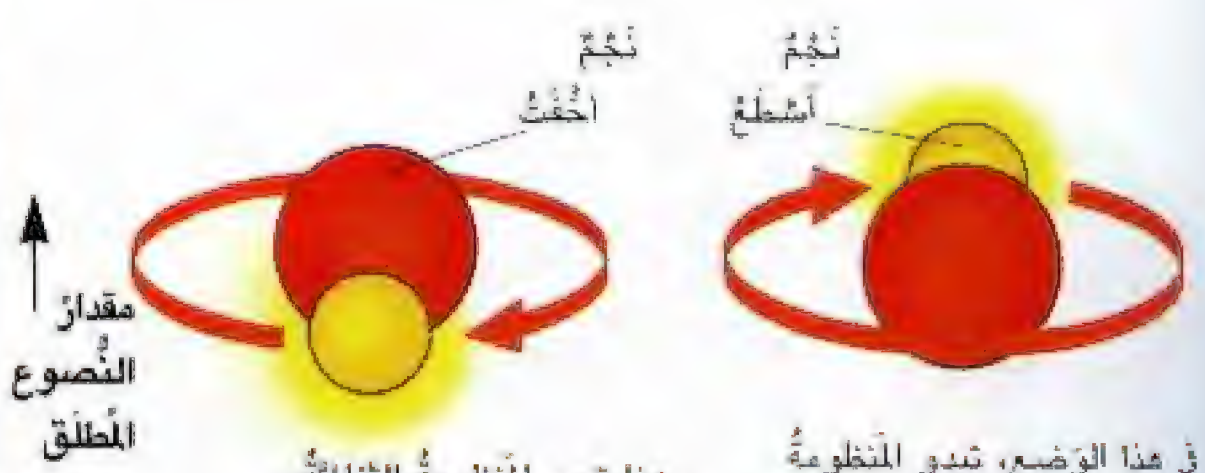
## نجوم المتواليّة الرئيسيّة

لأن النجم يُعطي فكرة عن درجة حرارته السطحيّة؛ فالنجوم الرُزُوق حارّة والنجوم الحُمُر أبرد نوعًا. وإذا ما رُسِمَ خطّ بيانيّ لدرجات الحرارة في مُقابل النُصُوع المطلق للنجم، فإنّ معظم النجوم تقع داخل نطاق ضيق يُسمّى المتواليّة الرئيسيّة - أي إنّهُ كُلّما ازدادت حرارة النجم ازداد نُصُوعه. إنّ جميع النجوم في المتواليّة الرئيسيّة هي في فترة مُستقرّة من حياتها - أي إنّ إشعاعها مُطرَد مُستمر لأنّ تفاعلات اندماج الهيدروجين في قلبها مُستمرّة. لكنّ عندما يُستنفذ الوقود الهيدروجيني فإنّ النجم يُغادر المتواليّة الرئيسيّة. ويلاحظ أنّ النجوم الأعظم كتلة تُغادر المتواليّة بسرعة أزيد من الأقل كتلة.

نجوم رُزُوق حارّة درجة حرارة السطح نجوم خُمُر باردة الخطّ البيانيّ يُدعى مُخطّط هرتزسبرنج - راسيل، يُشبه إلى الفلكيّين، إنجر هرتزسبرنج الدانمركي، وهنري نورس راسيل الأمريكي، اللذين وضعاه عام ١٩١٣.



هذا المُخطّط يُبيّن تغيّر نُصُوع نجم قيفاويّ مع الزمن.



في هذا الوضع، تبدو المنظومة الثنائيّة، من الأرض، خافتة لأنّ النجم الأخفّ يحجب النجم الأسطع.

هنا تبدو المنظومة الثنائيّة، من الأرض، ساطعة لأنّ النجم الأسطع يقع أمام النجم الأخفّ.

## النجوم المتغيّرة

بعض النجوم تغيّر نُصُوعها، وهذه النجوم مختلفة الأصناف. بعضها، مثلاً، السُماة نجوم القيثارة «آرا» بتغيّر نُصُوعها في أقلّ من يوم؛ بينما آخر من النجوم القيفاويّة تستغرق ما بين اليوم والمئة يوم لتتغيّر. وهناك نجوم أخرى، تُدعى مُتغيّرات ميرا، قد تستغرق حتى السنين لِتُكَمِّلَ دورة تغيّرها. وجدير بالذكر أنّ تغيّر نُصُوع النجوم القيفاويّة عائد إلى تغيّر في طبيعتها - حجمًا ودرجة حرارة. فهي تبتعث ضوءًا أشدّ في حال تمدّدها، وأخفّ في حال تقلّصها. والنجوم لا تسلك هكذا دائمًا - إنّما هو السلوك الطبيعيّ لنجم عاديّ يَمُرُّ بمرحلة التلاشي في أواخر حياته!

## الثنائيات الكسوفيّة

يُسمّى قرابة نصف النجوم في الكون إلى نظام الثنائيات حيث يدور نجما المنظومة الثنائيّة أحدهما حول الآخر. وقد يكون النجمان مُتقاربين بحيث يكادان يتماسان، أو مُتباعدين تفصلهما ملايين الكيلومترات. ويُمكننا كشف المنظومات الثنائيّة بطرق مختلفة. فإذا نسكنا من رؤية المنظومة الثنائيّة جانبياً من الأرض، نلاحظ بُوضوح تغيّرات النُصُوع كُلّما مرّ أحد النجمين دورياً أمام الآخر حاجباً نورَه كُلّاً أو جزئياً. هذه الثنائيات تُسمّى الثنائيات الكسوفيّة.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الطاقة النوويّة ص ١٣٦
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- الإنكسار ص ١٩٦
- المجرات ص ٢٧٦
- دورة حياة النجوم ص ٢٨٠
- الشمس ص ٢٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# دورة حياة النجوم

لا شيء في الكون يبقى إلى الأبد على حاله، ولا تستثنى من ذلك النجوم. لكن لا يمكننا رؤية نجم يتغير، لأنه يُعمرُ بلايين وبلايين السنين. إنَّ منشأ النجوم كلها هو سحب الغاز والغبار التي كانت قد تكوّنت ببطء من الذرات المتناثرة بضالة في الفضاء. وهي تولد جماعات، يتفرّق معظمها، ويبقى بعضها الآخر متصافاً بفعل الجاذبية. ويعتمد تالي حياة النجم على عظم كتلته، فكلما ازدادت كتلته ازدادت سرعة استهلاكه لوقوده الهيدروجيني، وغدت حياته أقصر وأعصف. بعض النجوم تبلغ من عظم الكتلة بحيث سرعان ما تتفجّر؛ لكن غالبيتها، كما شمسنا، تنعم بفترة استقرار من حياتها تسطع فيها بأطوارٍ مُستمرّة.

## مراحل في حياة النجم

بدأت الشمس حياتها ضمن مجموعة من النجوم، لكنها الآن نجم مستقل بذاته. وتُمثّل الصور المرفقة مراحل حياة الشمس منذ نشأت كنجم بدائي من سديم غازي إلى حاضرها اليوم كنجم ساطع مُستقر ثم استمرارها إلى احتضارها مُستقبلاً كقزم أبيض. إن النجوم الأعظم كتلة من الشمس والأشدّ حمواً تستنفذ وقودها بسرعة أكثر كثيراً، لذا فهي لا تقضي من أجلها إلا جزءاً ضئيلاً نسبياً كنجم ساطع مُستقر.

نجم من نمط  
نجوم كوكبية  
الثور «ت»

نجم بدائي

تولّد النجوم الجديدة من سحب  
الغاز والغبار مُستمرّاً على الدوام.

تتقبّض أجزاء من السديم بفعل الجاذبية؛  
ويُصبح كلُّ جزءٍ أشدّ كثافة في مركزه، حيث  
تُختبئ الحرارة، ليُكوّن نجماً بدائياً.

عندما تبلغ حرارة النجم البدائي حدّاً كافياً، تبدأ فيه  
تفاعلات الاندماج النووي، وتنبعث الطاقة. ويتخذ النجم نمط  
نجوم الثور-ت المتغيرة، فيما تتناثر بقية السديم.

تشكّل الجاذبية

ذرات الهيدروجين في

الشمس نحو المركز حيث

تتصادم وتتداخّل لتكوّن الهليوم -

مُنبعثّة طاقة عظيمة، فيما يُبقي ضغط

المركز النجم مُتمدداً. وهذه هي الفترة المُستقرّة من حياة

النجم حين يُصنّف بين نجوم المتوالية الرئيسية.

نجم

المتوالية الرئيسية

يزداد شطوع النجم  
وضيائته كلما ازداد  
قلبه كثافة وحمواً.

يقضي نجم كالشمس مدّة ١٠ بلايين سنة كنجم  
من نجوم المتوالية الرئيسية. وتعدّ الشمس الآن  
في مُنتصف حياتها في هذه المتوالية.

قنوّ نجوم الثريا

## أقناء النجوم

تتحدّد داخل مجرّة درب النّانة أقناء نجميّة - علماً أنّ  
نجوم كلِّ قنوّ تنشأ من سحابة واحدة - أي إنّ عُمرها واحد وتركيبها الأولي  
متماثل. هنالك نمطان من الأقناء - المُبعثرة والكروية. يضمّ القنوّ المُبعثر  
بضع مئات من النجوم العشوائية الترتيب، وتتواجد هذه الأقناء في الأجزاء  
الخارجيّة (القرص المُسطّح) من مجرّتنا. أمّا الأقناء الكروية فيحوي القنوّ  
منها مئات الآلاف من النجوم البالغة القدم في نسق كروي؛ وتوجد هذه  
الأقناء في الكرة الضخمة حول مركز مجرّتنا.

• أقناء (حشد) مُنتشرة

من النجوم النائية

• أقناء من النجوم

المتوسطة العمر

• أقناء كروية من

النجوم القديمة

قنوّ مُبعثر

الثريا قنوّ مُبعثر من

النجوم الفتية (والفتية

في مُصطلحات

النجوم تعني أنّ

عمرها حوالي ٦٠

مليون سنة) تتشعّر على

مدى ٣٠ سنة ضوئية في

الفضاء. يبدو قنوّ الثريا للعين

المُجرّدة كبقعة ضوئية ضبابيّة تبرز من

بينها سبعة نجوم نيرة؛ أمّا بواسطة مقراب

قوي فيمكننا مُشاهدة أجرام أكثر بكثير من

نجومه الضاربة إلى الزرقة، إضافة إلى سحب الغاز

والغبار التي تعلّلت فيها تلك النجوم.

قنوّ كروي

تألف الأقناء الكروية من نجوم بالغة

القدم يُعتقَد أنّها تنشأت في

الزمن نفسه كالمجرات

التي تحتويها. إذا يُمكن

أنّ تُوفّر هذه الأقناء

الكروية معلومات

عن مراحل الحياة

الأولى لدرب النّانة.

قنوّ نجوم الطوقان

هذا، يُرى بالعين

المُجرّدة من نصف الكرة

الجنوبي للأرض.

قنوّ نجوم

الطوقان ٤٧



## النجوم النيوترونية

عندما يتقبض نجم، كتلته بين 1.4 و 3 مرات كتلة الشمس، يُخلف وراءه قلباً يُدعى نجماً نيوترونياً. ويبلغ عُنف التقبض حدّاً يجعل إلكترونات الذرات تندمج مع بروتوناتها لتكوّن نيوترونات؛ وتتراصّ مادة النجم كلها في كرة كثافتها تفوق التصوير، يبلغ قطرها حوالي 10 كم، تبتعث طاقة عظيمة. والبلّسار هو نجم نيوتروني يُدوم بسرعة مُبتعثاً نبضات ضوئية نحو الأرض (كالمِثارة). وكان الفلكيَّان البريطانيان، جوسلين بريل وأنطوني هيويس أوّل من اكتشف البلّسارات عام 1967.



نجم قيفاوي

في العام 1954، سجّل الصّينيّون ظهور نجم، ممّا يُدعى اليوم مُتجدّداً أعظم، كان من شدّة السطوع بحيث يُرى في ضوء النهار. وتشاهد بقايا تفجّر هذا النجم حالياً في سديم السرطان، وقد غدا قلبه بلّساراً يُدوم 30 مرّة في الثانية.

نجم عملاق أحمر

تبدأ في الهليوم المتبقي تفاعلات الاندماج النووي مُكوّنة الكربون، ويُدعى النجم حينئذ نجماً قيفاوياً، وهو يتقلّص ويتمدّد باستمرارٍ غافداً الطبقات الخارجيّة من المادة فيه، يزداد سطوع النجم المتفجّر ملايين المرات على مدى أسابيع وأشهر، فيبدو مُتألّقاً في السماء كنجم مُتجدّدٍ أعظم.

## جاذبيّة الثقب الأسود الهائلة تشحب

إلى داخله مواد من نجم مجاور. وهذا يجعل اكتشاف الثقب مُمكنًا. فاللّوّد المدوّمة أثناء دخولها الثقب تُصبح حارّة جدّاً، وتبتعث أشعّة سينيّة يُمكن كشفها.

استنفذ الهيدروجين، لكن حرارة المركز الآن هي من الشدّة بحيث يتمدّد النجم - بينما يبرّد سطحه مُتحوّلاً إلى نجم أحمر يُدعى عملاقاً أحمر.

## الثقوب السوداء

تُعثر النجم الذي تزيّد كتلته على ثلاثة أضعاف كتلة الشمس أحداثٌ غريبة. ففي نهاية حياته، يتقبّض النجم مُتراصّاً أكثر فأكثر وتترايد كثافته أكثر فأكثر حتّى لا يستطيع الإفلات من جاذبيّته شيء حتّى الضوء. وهكذا يصبح ثقباً أسوداً ذا مُفرديّة (نقطة لا مَنتاهية الكثافة) في مركزه.

يُتخني الضوء بقدر كبير حول الثقب الأسود - فلا يستطيع الإفلات.

الأجسام الماديّة تُقوّس الفضاء حسب نظريّة النسبيّة العامّة. ولو كان الجسم المادي الكوني هائل الكثافة (بمّراس كميّة كبيرة من المادّة في حيز صغير)، فقد ينطّل الفضاء إلى هاوية سحيقة - كنقب أسود كبير.

يبدو النجم كأنّه في موقع مُختلف عن موقعه الحقيقي لأن ضوءه انحنى بتأثير الشمس.

موقع النجم الظاهري موقع النجم الحقيقي

## نظريّة النسبيّة العامّة

في العام 1915، نشر ألبرت أينشتين نظريّته المُثيرة حينئذٍ والشهيرة حالياً باسم نظريّة النسبيّة العامّة. وهي تقدّم مفهومًا مُختلفاً تماماً حول الجاذبيّة باعتبارها خاصّة فضائيّة لا قوّة تجاذب بين الأجسام. فالأجسام الماديّة تُقوّس الفضاء كما يُقوّس ثقل شبكة «الترامولين»، وهكذا «تسقط» الأجسام نحو أجسام أخرى؛ حتّى الضوء «يسقط» في الفراغ المُقوّس حول جسمٍ ما فينحني مساره. وقد وُضعت هذه النظريّة الغريبة على البَحك أثناء كُسوف الشّمس عام 1919 حين رُصد عمليّاً انحناء أشعّة الضوء من نجم بعيد بفعل جاذبيّة الشّمس - لقد كان أينشتين على حقّ!

### لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذريّة ص 24
- الجاذبيّة ص 122
- الطاقة النوويّة ص 136
- أصل الكون ص 275
- المجرات ص 276
- النجوم ص 278
- الشّمس ص 284



# الكوكبات (الأبراج)

النقاط الضوئية المتألثة في سماء الليل تبدو جميعها متماثلة للوهلة الأولى. منذ آلاف السنين، قسّم الفلكيون القدامى النجوم إلى مجموعات تمثلوها في صور خيالية، كصور العقرب والدب والأسد، بحيث يسهل استذكارها - وهكذا وُلِدَ نظام الكوكبات المعروف. الواقع أنه لا علاقة بين نجوم الكوكبة الواحدة، فهي تبدو في أشكالها ومجموعاتها تلك فقط عندما يُنظر إليها من الأرض. والنجوم كلها بعيدة جدًا بحيث تبدو في مدى البعد نفسه، وهي تتحرك معًا كأنها مُلصقة داخل طاس هائل - هو الكرة السماوية.



## مسارات النجوم

تبدو النجوم، من الأرض، وكأنها تدور حول نقطتين وهميتين في السماء - هما القطبان السماويان الشمالي والجنوبي. الصورة أعلاه تظهر مسارات النجوم في سماء الليل من أثارها الضوئية.

الأرض داخل «الكرة السماوية»

تبدو الشمس من الأرض في مسار ظاهري سنوي على خلفية من النجوم، ويطلق على كوكبات النجوم في هذه الخلفية دائرة البروج.

تُستخدم أنماط النجوم وأوضاعها في الملاحة (فنجم القطب يُحدد القطب الشمالي للأرض) كما في التقاويم (فمن الأرض تُشاهد أبراج مختلفة من النجوم خلال السنة، أثناء دوران الأرض حول الشمس).

بعض الخرائط النجمية القديمة كانت تُقَسِّم أكثر منها علمية.

## الجبار

الجبار كوكبة تسهل مشاهدتها في صورة مُحارِبٍ تُحدّد كنفية ورُكبتيه أربعة نجوم ساطعة، وتُميز جزائه ثلاثة آخر، دونها نجم آخر (سديم الجبار) يُمثل سيفه.

## تصنيف النجوم

يستخدم الفلكيون منظومة، مُتفقًا عليها دوليًا، تُصنّف ٨٨ كوكبة - تُعرف اثنا عشرة منها بدائرة البروج. وهذه تُشكّل الشارة الخلفية لحركات الكواكب السيارة والقمر والشمس. وتُميز النجوم المُختصة داخل إحدى الكوكبات بحرف من الأبجدية اليونانية فيرقم النجم الأكثر سطوعًا ألفا، والتالي بيتا، وهكذا دواليك.

## القدر - قياس النضوع

يستخدم الفلكيون أرقامًا في تقدير نضوع النجوم. فمقياس القدر الظاهري لا يصف نضوع النجم على حقيقته، بل كيف يبدو ذلك النضوع من الأرض. وكلما ازداد الرقم المُعطى للنجم ازداد خفوتُه. والنجوم ذات قدر النضوع من ١ إلى ٦ يُمكن رؤيتها بالعين المُجرّدة.



خريطة نجمية حديثة.



## الخرائط النجمية

الخرائط النجمية القديمة حُدّت السماء الشمالية بالحيوانات والأشكال الأسطورية. ومع ازدياد حركة الملاحة جنوبًا صار بالإمكان تخطيط المزيد من السماء. ويظهر التلسكوبات وتطور تقنيات الرصد تحدّثت مواقع النجوم بدقة مُتزايدة. وتلاشى، أوكاد، إنتاج الخرائط التي تُبرز الأبراج قِيَمًا. وبدأ لاحقًا إعداد الخرائط الفلكية فوتوغرافيًا بواسطة الحواسيب. واليوم تخطط السوائل مواقع النجوم بدقة وسرعة فائقتين.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الكون ص ٢٧٤
- النجوم ص ٢٧٨
- دورة حياة النجوم ص ٢٨٠
- علم الفلك ص ٢٩٦
- التلسكوبات الأرضية ص ٢٩٧
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# النظام الشمسي

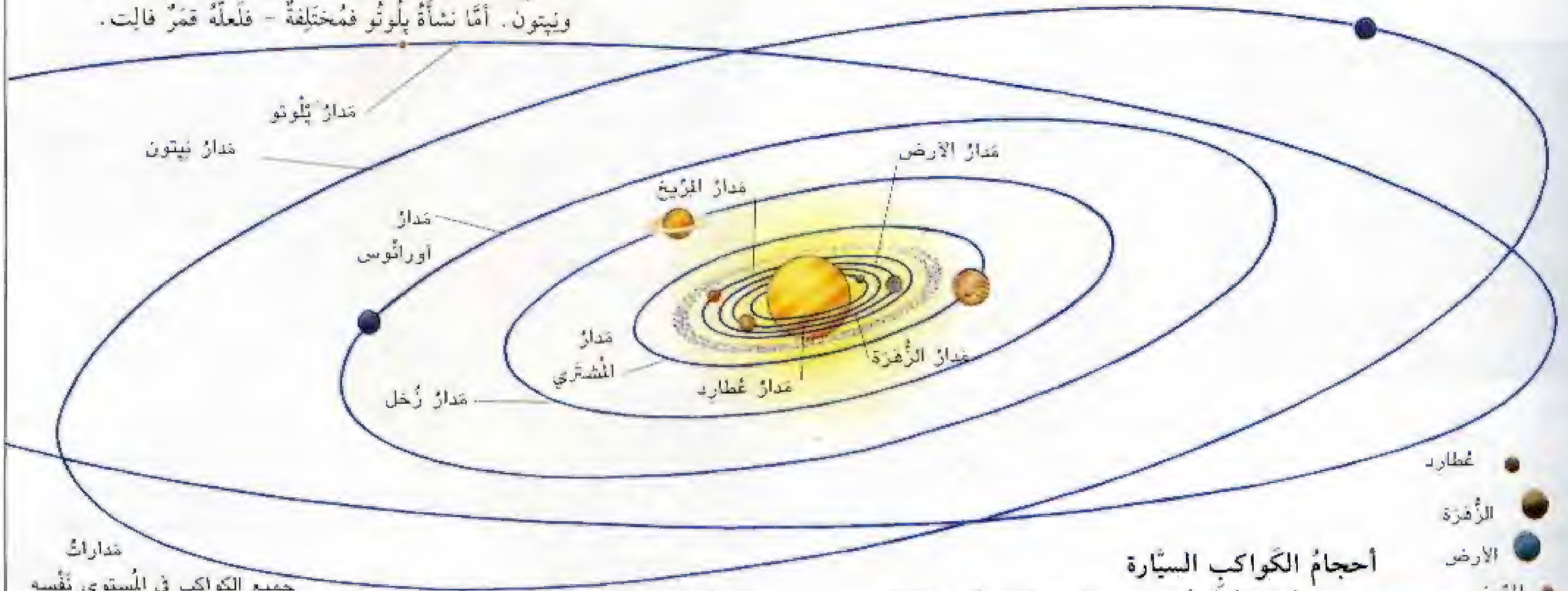
منذ ملايين السنين تَشَّاتْ عائلَةٌ من الكواكب السَّيَّارة في مَدَارَاتِ حَوْلِ الشَّمْسِ، وهي مع الشَّمْسِ تَوَلَّفُ ما يُعرفُ بالنظام الشمسي. ويضمُّ هذا النظام الفلكي، الممتدُّ على مدى ١٢٠٠٠ مليون كم في الفضاء، أيضًا، الكَوَيْكَبَاتِ (السَّيَّاراتِ الصغيرة بين مَدَارَيِ المَرِخِ والمُشْتَرِي) والمُذَنَّبَاتِ والأقمارَ (الأجسامَ الدائرة حَوْلَ الكواكبِ السَّيَّارة) والغُبَارَ بين الكواكب. والشَّمْسُ هي الجِرمُ المهيمنُ في هذا النظام - إذ تشكِّلُ أكثرَ من ٩٩ بالمئة من كُتلتِهِ الإجمالية. قديمًا اعتُبرَ هذا النظامُ مركزَ الكونِ والجزءَ الأكبرَ منه. لكننا نعلمُ اليومَ أنَّ نظامنا الشمسي ما هو إلا بقعة هائلة الضلالة بالمُقارَنة مع بقية الكون.

اكتشف الفلكيون تَلَفًا من الغاز والغُبَارِ حَوْلَ بعض النجوم الفتية، مما يعني إمكانية وجود أنظمة فلكية كواكبية أخرى.



## نشأة النظام الشمسي

نشأت الكواكب السَّيَّارة والأجرامُ الأخرى في المنظومة، منذ ٤٦٠٠ مليون سنة، من بقايا المادة المتخلفة من تَكُونِ الشَّمْسِ. فقد كانت الشَّمْسُ مُحاطةً بِكَرَّةٍ من الغاز (مَرِخٍ من الهيدروجين والهيليوم) والغُبَارِ (حديد وصخور وتلج)، تُدعى السَّديم الشمسي، تحوَّلت لاحقًا إلى قُرصٍ مُسطَّحٍ دَوَّارٍ. ثم تَلاصَقَ الغُبَارُ بعضُهُ ببعض مُكوِّنًا أربعَ كُتَلٍ - هي عُطَارِدُ والرُّهُرَةُ والأرضُ والمَرِخُ. وفي نطاقٍ خارجيٍّ أبعد، اتَّحدَ الغُبَارُ والتَّلَجُ بالغازاتِ لِتَكُونِ المُشْتَرِي وَرُحَلْ وَأورَانوسُ وَنِپْتُونُ. أمَّا نَشأةُ بُلُوتُو فمُخْتَلِفَةٌ - فَلَعَلَّهُ قَمَرٌ فَالِتٌ.



## أحجام الكواكب السَّيَّارة

يَهْتَمُّ الفلكيون بِكُتلةِ الجِرمِ (أي كميَّةِ المادَّةِ فيه) أكثرَ من أهَمِّيَّاتهم بِقَطْرِهِ (أو حَجْمِهِ). أكبرُ الكواكبِ السَّيَّارة كُتلةً وحَجْمًا هو المُشْتَرِي.



## الجاذبيَّةُ في النظام الشمسي

ما الذي يُبقي كواكبَ النظام الشمسي في أفلاكها؟ إنَّها الجاذبيَّةُ - وهي قُوَّةُ تجاذبٍ بين كُتلتَي جِسْمَيْنِ تتناسبُ طَرْدِيًّا مع مَقْدَارَيِ كُتلتيهما وعَكْسِيًّا مع مُرَبَّعِ المَسَافَةِ بَيْنَهُمَا حَسَبِما يُلصِقُ قانونُ الجاذبيَّةِ العامِ لِنِيتُون. والجاذبيَّةُ تُبقي مادةَ الجِرمِ مُتَماسكةً، وإذا كانت قُوَّةٌ بما فيه الكفاية، فإنَّها تجذِّبُ غازاتٍ نحوَ الكوكبِ السَّيَّارِ أو القَمَرِ فتَكُونُ جَوًّا حَوْلَهُ. في القَرْنِ السَّابِعِ عَشَرَ، نَقَضَى العالِمُ الإنكليزيُّ، إسْحَقُ نِيتُون، حَرَكَةَ القَمَرِ والكواكبِ السَّيَّارة، ووَضَعَ قانونَ الجاذبيَّةِ العامِ الذي هو أحدُ القوانينِ الأساسيّةِ في الكونِ.



## المَدَارَاتِ

النظام الشمسي قُرصِيّ الشَّكْلِ مَرَكزُهُ الشَّمْسُ؛ والكواكبُ السَّيَّارةُ تَدورُ حَوْلَها في مَدَارَاتٍ (أو أَفلاكٍ) مُعَيَّنَةٍ في اتِّجَاوٍ واحدٍ لكن بِسُرْعَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ. وهي تَسْتَعْرِقُ أوقَاتًا مُخْتَلِفَةً لِتُكْمِلَ دَوْرانها حَوْلَ الشَّمْسِ.

### لمزيد من المعلومات انظر

الجاذبيَّةُ ص ١٢٢
الشَّمْسُ ص ٢٨٤
عُطَارِدُ والرُّهُرَةُ ص ٢٨٦
الأرض ص ٢٨٧
المَرِخُ ص ٢٨٩
المُشْتَرِي ص ٢٩٠
رُحَلْ ص ٢٩١ ، أورَانوسُ ص ٢٩٢
نِپْتُونُ وَبُلُوتُو ص ٢٩٣
حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# الشمس

الشمس أقرب النجوم إلينا، وبدراستها يمكننا تعرّف الكثير عن النجوم الأخرى في الكون. فهي، كسائر النجوم، كرة ضخمة مضيئة من الغازات الحارة يتألف معظمها من الهيدروجين وبعض الهيليوم وكميات ضئيلة من العناصر الأخرى. وتجري داخل الشمس تفاعلات الاندماج النووي باستمرار مولدة الطاقة كضوء وحرارة، فتبلغ درجة الحرارة في مركزها حوالي ١٤٠٠٠٠٠٠°س. تنشأت الشمس من سديم غاز وغبار منذ حوالي ٥٠٠٠ مليون سنة ضمن مجموعة من النجوم تفرقت ببطء لاحقاً، فعدت الشمس الآن نجماً منفرداً بذاته. وتتميز الشمس كما نعلم، بين سائر النجوم بمنظومتها من الكواكب السيارة. والشمس بالنسبة للأرض، أحد هذه الكواكب، ليست النجم المركزي القديم فقط بل مصدر الطاقة للحياة فيها أيضاً.

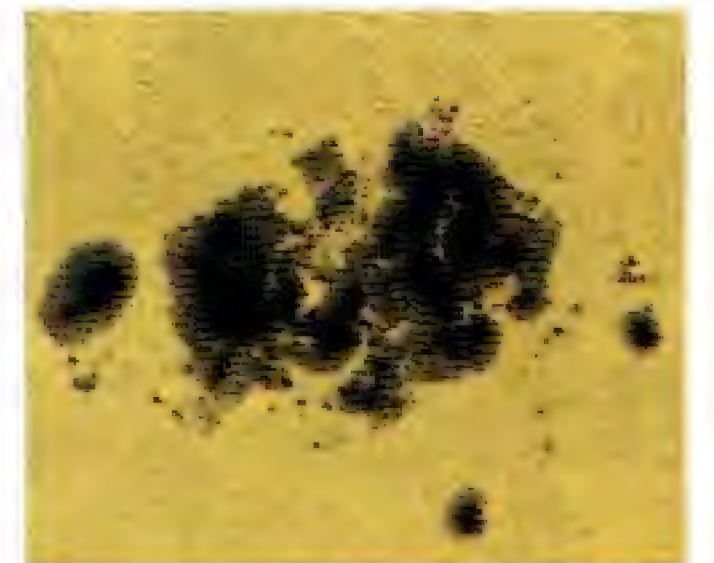
## طباقية الشمس

تتألف الشمس من طبقات غازية مختلفة. فسطح الشمس النير المرئي يدعى الفوتوسفير، ويبدو مرقشاً بفقايع الغازات المدوّمة فيه. وتحيط بالفوتوسفير طبقة لا تُرى من الغاز تدعى الغلاف اللوني (الكروموسفير). وتدعى الطبقة فوق الغلاف اللوني، الإكليل؛ وتبدو كهالة متضائلة نحو الفضاء.

تدور الشمس حول محورها من الشرق إلى الغرب؛ وبسبب طبيعتها الغازية تختلف فترة الدوران من ٢٥ يوماً في الوسط (عند خط استوائها) إلى ٣٠ يوماً في قطبيها (في أعلاها وأسفلها). وقد اكتُشف ذلك برصد تحركات البقع الشمسية.

## البقع الشمسية

أحياناً تظهر الفوتوسفير، بالمعاينة الدقيقة، متخربة ببقع مظلمة تُعرف بالكلف الشمسية؛ وهي تبدو مظلمة لأنها أبرد مما حولها. إن حدوث هذه البقع عائد للمجالات المغناطيسية التي تُغطي سريان الحرارة إليها من مركز الشمس. والبقع الشمسية ذات مركز مظلم يُسمى الظل يحيط به جدار أفتح لوناً يُسمى شبه الظل. وهذه البقع تحدث عادة أزواجاً أو مجموعات.



مجموعة من البقع الشمسية



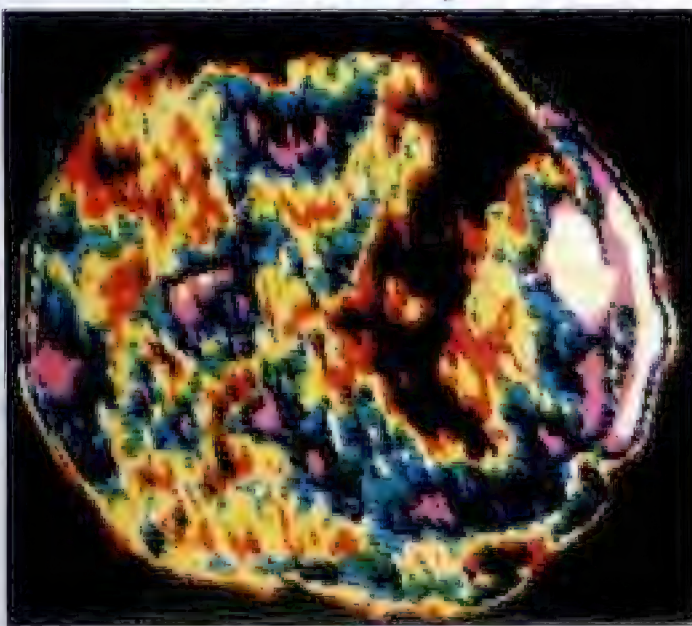
تستغرق دورة البقع الشمسية ١١ سنة. في بدايتها يكون سطح الشمس خالياً من البقع؛ ثم يظهر بعضها في أعلى السطح وفي أسفله؛ ثم تختفي البقع وتتشكل بقع جديدة أقرب فأقرب من خط الاستواء (نحو وسط القرص).

تُشاهد الشوْط (ج. شواظ) الشمسية فقط أثناء كسوف الشمس الكلي أو باستخدام مُعدّات خاصة.

## الشوْط الشمسية

تتجّر من سطح الشمس النير (الفوتوسفير) أحياناً سُحب ضخمة من الغاز اللاهب المتوهج تُعرف بالاندلاعات والشوْط الشمسية، وهي تُرافق البقع الشمسية عادة. الاندلاعات الشمسية توهج ساطعة فجائية الاندفاع لا تدوم طويلاً - فيما قد يصل ارتفاع الشواظ الكبير إلى ١٠٠٠٠٠ كم، ويدوم عدّة شهور.

هذه الصورة للشمس، بالأشعة فوق البنفسجية، تُظهر ثقباً في الإكليل.



## شمس الأشعة فوق البنفسجية

اليوم ما عادت الشمس تُصوّر فقط بالضوء المرئي، بل أضحت صُورُها تُسجّل أيضاً بمختلف الأشعة الأخرى التي تُبعثها. فلدى الفلكيين مُعدّات خاصة تستطيع ألتقاط الصور بالأطوال الموجية الأخرى، كالأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء، تُبين تفاصيل مهمة لا تستطيع الصور العادية إظهارها.

إِنَّاكَ التَّظْلُعُ مُباشرة إلى الشمس بمنظار ثنائي العينية أو بمقراب (تلسكوب).

## مقراب (تلسكوب) شمسي

يُستخدم الفلكيون مُعدّات خاصة، مُركّزة على الأرض أو مَحْمولة في الفضاء، لدراسة الشمس. فيُجمع ضوء الشمس ثم يُقلع بواسطة المِطاف إلى طيف شمسي (يُبين الأطوال الموجية الضوئية المختلفة التي تبتعثها الشمس). وجليد بالذّكر أن معظم معلومات الفلكيين عن الشمس حصلوا عليها من دراسة أطيافها.

تنعكس أشعة الشمس سفلاً إلى مرآة في نفق تحت الأرض. وتتكوّن صورة الشمس في غرفة مُراقبة حيث يستطيع الفلكيون دراسة ضوءها.

أحد التلسكوبات الشمسية في المرصد الوطني في بكين، بالولايات المتحدة.







# عُطَارِد والزُّهْرَة



بنية الزُّهْرَة

مرَّ كوكبُ الزُّهْرَة، كالأرض، في فترة أنصهارٍ غاصت خلالها المواد الكثيفة نحو مركزه تاركة قشرةً أخف فوقها. يتألف مركزُ الزُّهْرَة من قلب مُنصهرٍ من الحديد والنيكل يُحيط به دثارٌ صخريٌّ يدعمُ القشرة الصخرية.

أقربُ الكواكبِ إلى الشَّمْس هما كوكبا عُطَارِد والزُّهْرَة، وقد عُرِفَا ورُصِدا منذ القِدم. وعُطَارِدُ هو الأَعَسَرُ مشاهدةً بينَ الكواكبِ لأنَّ الناظرَ إليه يَجْهَرُ عادةً بِوَهَجِ الشَّمْس. بالمُقارنة، فإنَّ الزُّهْرَة تُسَهِّلُ رُؤْيَتَهُ، إذ هُوَ أَلْمَعُ جِرمٍ في الفضاء بَعْدَ الشَّمْس والقَمَر. وكوكبُ الزُّهْرَة، كَالقَمَر، تَتَغَيَّرُ أَوَجْهُهُ دَوْرِيًّا - من هِلَالٍ نَحِيلٍ إلى قُرْصٍ تامٍّ؛ وكان غاليليو غاليلي أوَّلَ من لَاحَظَ تلك الأوجُه عام ١٦١٠.

لكنَّ معلومتنا الحالية عن طبيعة عُطَارِد القاحلة العديمة الحياة، وعن عالمِ الزُّهْرَة المُوَحَّش، خَلَفَ مَظْهَرَهُ الرائق، لم تتوضَّح لِلْفَلَكِيِّينَ إِلَّا بَعْدَ تَقْصِيهِمَا حَدِيثًا بِالسَّوَابِرِ الفَضائِيَّةِ وَمُعَدَّاتِهَا الْمُتَطَوِّرَةِ.



بنية عُطَارِد

المَجَالُ المِغْنَطِيسِي الضعيفُ لَكوكبِ عُطَارِد وكثافته العالية يُشِيرَانِ إلى وُجُودِ قَلْبٍ هائلٍ من الحديد في مركزه. وفوق هذا القَلْبِ طبقةٌ من الصخورِ المُنصهرة المضغوطة، هي الدثارُ، تَظْهَرُ فوقها قِشْرَةٌ صخرية جامدة.

## عُطَارِد

مُعْظَمُ معلومتنا عن سَطْحِ عُطَارِد، جُمِعَتْهَا العَرَبَةُ الفَضائِيَّةُ مَارِينَرُ ١٠. لكن «مارينر ١٠» لم تَصَوِّرْ إِلَّا جُزْءًا من الكوكبِ فقط لأنَّها كانت تَمُرُّ دَائِمًا بِالجانبِ نَفْسِهِ من الكوكب. لِهذا السَّبَبِ، فلا يَزَالُ الكَثِيرُ من هذا الكوكبِ بِاتِّظَارِ الاستِكْشافِ.



## فُوهَاتُ عُطَارِد

كوكبُ عُطَارِد صغيرٌ، كَقَمَرِنَا، تُنْذَبُ سَطْحُهُ فُوهَاتٌ تَكُونَتْ مُبَاشَرَةً بَعْدَ نَشْأَةِ النِّظَامِ الشَّمْسِيِّ. وَسَطْحُ عُطَارِد مُجَعَّدٌ بِالْجُرُفِ (الصخور الشديدة الانحدار) النَّاتِجَةِ عَنْ تَقَلُّصِ الكوكبِ الفَتِي أثناءَ فترةِ بُرُودِهِ، كَمَا التَّفَاحَةُ الدَّوَابِيَّةُ.



## تَكُونُ الفُوهَاتِ

تَكُونُ الفُوهَاتِ الكَثِيرَةُ على سَطْحِ عُطَارِد جُزْءًا رَظْمِ الصَّخُورِ السَّاقِطَةِ نَائِرَةً حُفَارَتِهَا حَوْلَ حُفَرٍ وَتَجَاوِيفٍ صُحَيْفِيَّةِ الشَّكْلِ.



## مَنْظَرٌ طَبِيعِيٌّ لِلزُّهْرَة

مَنْ يُنْكَرُ بِالْهَيُّوطِ على سَطْحِ الزُّهْرَة عليه أن يَحْتَرِقَ جُودَهَا أَوَّلًا - وهذا الجُودُ يتألف من غُيُومٍ كثيفةٍ بيضاء مُصْفَرَّةٍ من غاز حامض الكبريتيك. وَتَبْلُغُ درجة الحرارة على سَطْحِ الزُّهْرَة ٤٨٠°س لأنَّ جُودَها الكثيف يَحْبِزُ حرارةَ الشَّمْسِ كَمَا الدَّفِئَات، كَمَا يَبْلُغُ الضَّغْطُ الجَوِّيُّ عليه ١٠٠ مرَّةً أَكْثَرَ من ضَغْطِ جَوِّ الأَرْض؛ وَهذا يَسْخِطُ أَيَّ بَشَرِيٍّ في ثَوَانٍ.

صورةٌ لِسَطْحِ الزُّهْرَة التَّعْظِيفِي السَّابِرِ الفَضائِي مَاجِلَانِ.



## مَنْظَرٌ طَبِيعِيٌّ لِعُطَارِد

الجاذبيَّةُ السَّطْحِيَّةُ في عُطَارِد أَقْلٌ من نِصْفِ جاذبيَّةِ الأَرْض - مِمَّا أَضْعَفَ إمكانيَّةَ الكوكبِ على جَذْبِ غَازَاتٍ حَوْلَهُ - فَجَعَلَهُ عَادِمَ الجَوِّ، تَقْرِيْبًا، يَسْوَدُهُ السُّكُونُ لأنَّ الصَّوْتُ لَا يَنْتَقِلُ في الفَرَاغِ. وَيُسَجَّلُ عُطَارِدُ أَقْصَى قُرُوبٍ في درجة الحرارة نَهَارًا وَلَيْلًا بَيْنَ الكواكبِ نَظَرًا لِانعدامِ جَوٍّ يَحْبِزُ الحرارةَ عَنْهُ وَإِلَيْهِ - إذ تَبْلُغُ درجة الحرارة نَهَارًا ٤٠٠°س وَلَيْلًا ٢٠٠°س.



## صُورَةٌ سَطْحِيَّةٌ

اِسْتَكْشَفَتِ الزُّهْرَة أَكْثَرَ من ٢٠ عَرَبَةً فَضائِيَّةً، أَظْهَرَتْ أَنَّ سَطْحَ الكوكبِ صَحْرَاوِيٌّ حَارٌّ، بِوَقَافٍ قَلِيلَةٍ مِنَ الأَرْضِ الخَفِيفَةِ وَالمَرْتَفَعَاتِ.



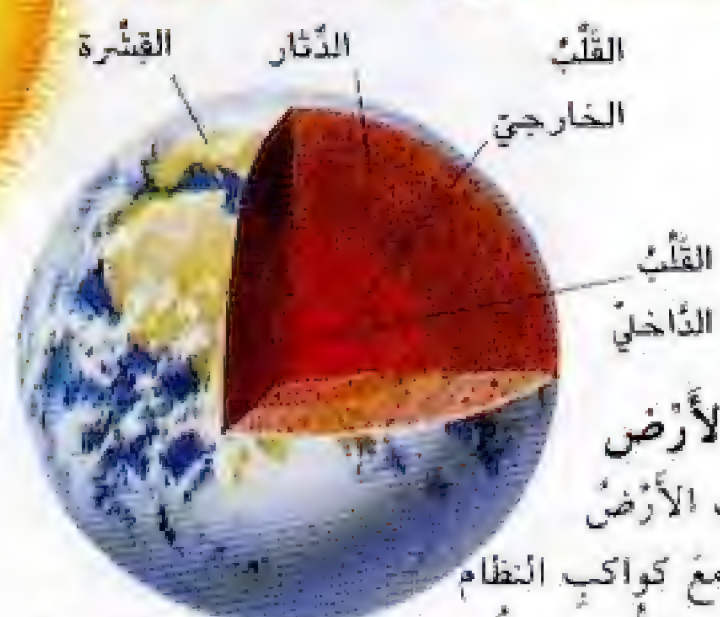
صورةٌ لِسَطْحِ الزُّهْرَة التَّعْظِيفِي السَّابِرِ الفَضائِي مَاجِلَانِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- النِّظَامُ الشَّمْسِيُّ ص ٢٨٣
- الشَّمْسُ ص ٢٨٤
- الأَرْضُ ص ٢٨٧
- القَمَرُ ص ٢٨٨
- السَّوَابِرُ الفَضائِيَّةُ ص ٣٠١
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٨



# الأرض



الأرض  
الغلاف  
الخارجي  
الغلاف  
الداخلي  
بنية الأرض  
تكوّن الأرض  
الغنية مع كواكب النظام  
الشمسي الأخرى منذ ٤٦٠٠ مليون سنة. وكانت في  
البداية باردة؛ لكنّ الفاعلية الإشعاعية أحمّتها حتى  
الانصهار. فغاص الحديد الثقيل نحو المركز، وظلت  
الصخور الأخف فوقه. حالًا، يُحيط بقلب الأرض  
الحديديّ دثارٌ صخريّ مائع، تُغلّفه قشرة صخرية  
سطحية لا تتعدّى سماكتها بضعة كيلومترات.

من الطبيعي أن تكون الأرض هي الكوكب الذي أَسْتَحْوَذَ على أهتمام العلماء وأستقصاءاتهم  
أكثر من سواه في النظام الشمسي، وأن يكون ما نعرفه عنه، بالتالي، أشمل وأدق.  
الأرض، كغيرها من الكواكب، فريدة ذات خصائص لا توجد في سواها - ليس أقلها أنها  
الكوكب الوحيد الصالح للحياة في المنظومة الشمسية؛ ويوازي ذلك أهمية تواجده الماء.  
هذان العاملان حدّدا شكل ومسار تطوّر الأرض من كوكب ذي جو غني بالهيدروجين إلى  
العالم في حاله الراهنة. فالحياة التي بدأت في بحار الأرض منذ ٣٠٠٠ مليون سنة،  
والكائنات الحيّة التي تطوّرت منها، أسهمت في تكوين جو التّروجين والأكسجين الذي  
وفّر بدوره الظروف الملائمة لاستمرار الحياة. يدور حول الأرض ساتل طبيعي هو القمر.  
وهي الكوكب الخامس من حيث الحجم، والثالث من حيث البعد عن الشمس.

## الأرض جرم لا يهدأ

سطح الأرض دائم التغيّر؛ ففُشْرَتْها تتألف من صفائح (أو ألواح)  
هائلة متحركة. وتحدث البراكين والهزّات الأرضية عندما تتصادم  
هذه الصفائح أو يتحكك بعضها ببعض أو ينزلق بعضها تحت  
بعض. ويرافق ذلك عادة اندفاعات الطّهارّة الصخرية نحو  
السطح، وهكذا تُحدّد قشرة الأرض نفسها باستمرار.

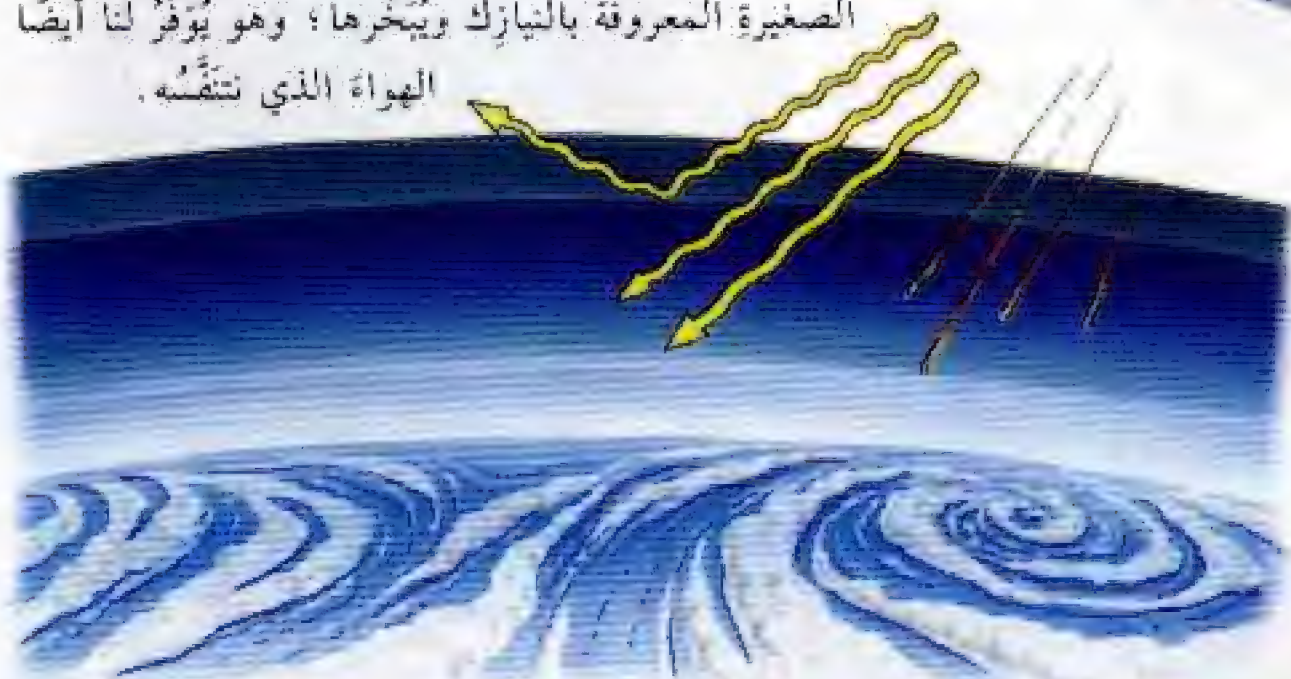
## كوكب الأرض

تألق الأرض ساطعة في الفضاء، إذ  
تعكس حوالي ثلث ضوء الشمس الساقط  
عليها؛ كما يستطير الضوء في جوها  
فيكسيها لونا تغلب عليه الزرقة. وتبدو كتل  
الباسّة البنية بوضوح، وكذلك  
المحيطات التي تغطي قرابة ثلثي سطح  
الأرض - حيث يغطي المحيط الهادئ  
وحده نصف سطح الكرة الأرضية. كما  
يمكن مشاهدة غيوم كثيرة في الجو.



## جو الأرض

جو الأرض رقيق بالمقارنة مع جو جارتها الزهرة - لكنّه  
مفيد جدًا. فهو رقيق بحيث يخترقه ضوء الشمس، لكنّه  
سميك بما فيه الكفاية ليحجب إشعاعات الشمس الأخرى  
المؤذية؛ فمعظم الأشعّة فوق البنفسجية الخطرة على حياة البشر  
ترشّح عبره. كذلك يبطئ جو الأرض سرعة الرّجُم الفضائيّة الصخريّة  
الصغيرة المعروفة بالنيازك ويُبخرها؛ وهو يوفّر لنا أيضًا  
الهواء الذي نتنفسه.



الظروف على الأرض ملائمة  
تمامًا لأشكال الحياة المختلفة  
- بما فيها الإنسان!

## منظر طبيعي أرضي

منذ ملايين السنين تكوّن حول الأرض  
جو من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء  
والتّروجين. فكوّن بخار الماء المطر،  
والمطر كوّن البحار والمحيطات؛ وكلا  
هذين المَعْلَمَين مُهمّان جدًا اليوم، حيث يتم  
تبادل الماء بين الجو والمحيطات - فيما يَعمَلُ  
الجو كطبقة مُدبّرة تُبقي درجة الحرارة مُنظمة تقريبًا.



## أرسطارخوس

حقيقة أن  
الأرض تدور  
حول الشمس  
حازت القبول



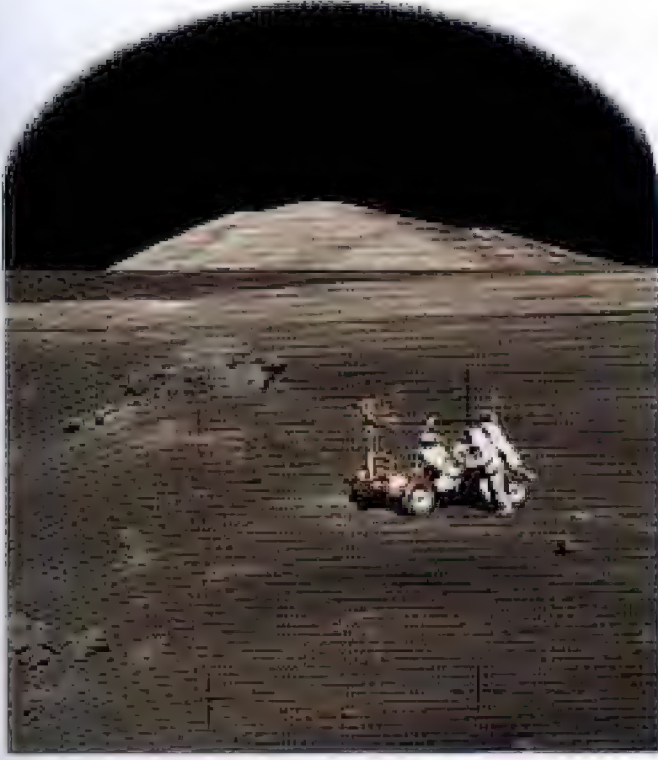
منذ أقل من ٤٠٠ سنة. ويُعزى الفضل في  
ذلك إلى الفلكيّ البولوني، كوبرنيكس، (في  
القرن السادس عشر)، الذي دَخَصَ النظرية  
القائلة أن الأرض هي مركز الكون. لكنّ  
الفلكيّ اليوناني، أرسطارخوس (٣١٠-  
٢٣٠ ق.م.)، كان سبقه إلى الفكرة ذاتها  
قبل ذلك بقرون عديدة. فقد أحتسب  
أرسطارخوس الحجم والمسافة النسيبين  
للشمس والقمر مُستخدِمًا القواعد الهندسية،  
واستنتج وجوب أن تدور الأرض حول  
الشمس لأن الشمس هي الأكبر بكثير.

## لمزيد من المعلومات انظر

- تكوّن الأرض ص ٢١٠
- الأرض ص ٢١٢
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# القمر

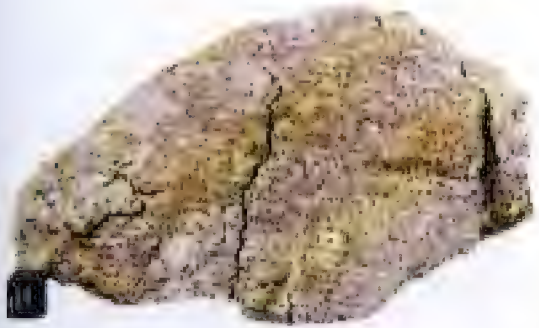


## الهبوط على القمر

لا تزال رحلات أبولو السبع عشرة في الستينيات والسبعينيات من القرن العشرين تحتل الأوج بين محاولات استكشاف الفضاء. هذه الرحلات أنزلت اثني عشر رائد فضاء على سطح القمر وأعادتهم سالمين إلى الأرض. وتستخدم نتائج الاختبارات السطحية على القمر والتحليل المداري حوله والعديد من الصور التي التقطت له في تكويني تصورنا الحالي لسطح القمر.

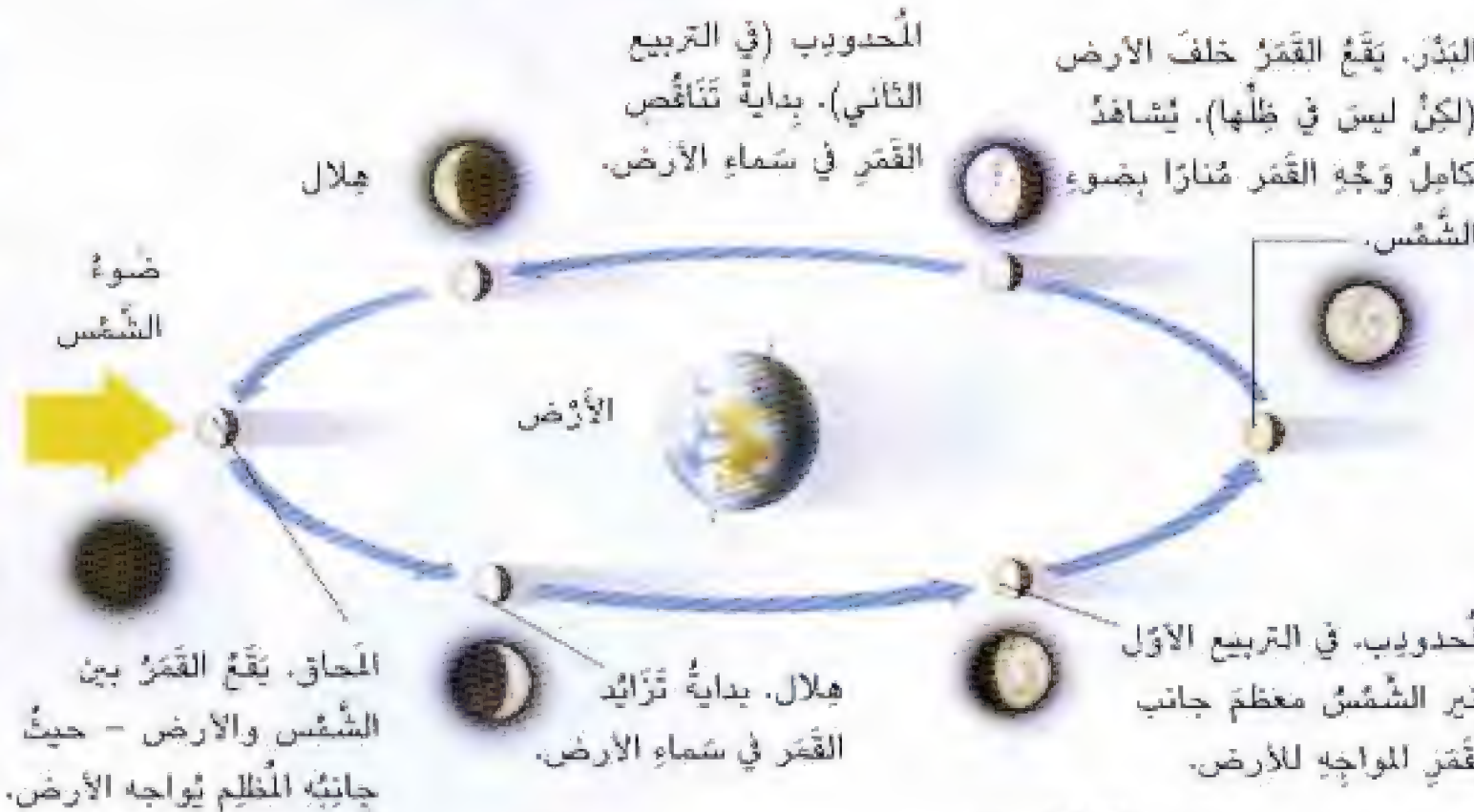
## رصد القمر

يُشكل القمر جزءًا جيدًا للفلكيين المبتدئين لأن معالمه السطحية يمكن تمييزها بالعين المجردة. فالبقع القمرية القائمة هي سهول مسطحة تدعى «بحارًا»، أما المناطق الأفتح لونًا فهي الجبال. ويمكن حتى بالمنظار الثنائي العينية تمييز بعض القمم البركانية التي تغطي مساحات شاسعة من سطح القمر.



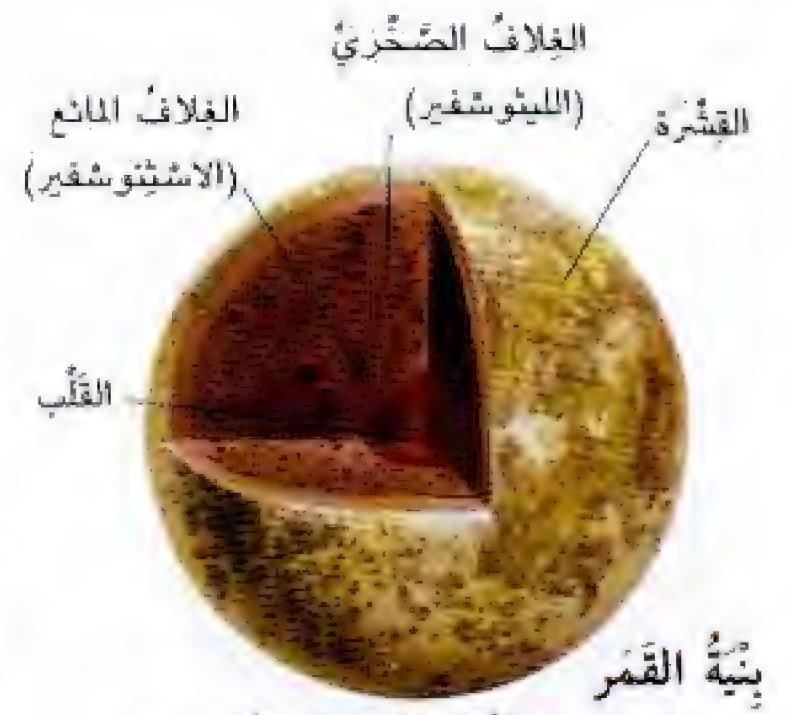
## الصخور القمرية

عاد رواد القمر بحوالي ٢٠٠٠ عينة من الصخور القمرية بلغ وزنها ٤٠٠ كغ تقريبًا. ومن دراسة هذه العينات تكون لدى العلماء تصور جديد عن تركيب القمر وتاريخه. فبعض الصخور مثلًا ضهارية نشأت من لابة منصهرة.



## أوجه القمر

رغم أن القمر غير مُنير بذاته، فهو ألمع جرم في سماء الليل لأنه يعكس ضوء الشمس جيدًا. وخلال دورانه حول الأرض نشاهد أجزاء متفاوتة القدر من وجهه المُنار بالشمس تتراوح بين الهلال والبدر. فعندما يكون القمر في المحاق لا يعكس جانبه المواجه للأرض نورًا من الشمس فلا نراه. ويقاس الشهر القمري بالفترة بين محاقين متتاليين. وتبلغ عدته أيامه ٢٩,٥ يومًا.



اكتشف العلماء أن القمر يحوي قلبًا صغيرًا من الحديد والكبريت تحيط به طبقة الغلاف المائع من الصخور المنصهرة جزئيًا (الاستنوسفير). وفوق هذه طبقة الغلاف الصخري الجاف (الليثوسفير)، تغطيها قشرة من الصخور الغنية بالألومنيوم والكالسيوم.

## الترشاش العظيم

لا يعلم الفلكيون علم اليقين كيف تكون القمر. فقد يكون انفصل عن الأرض، أو أن الأرض قد أسرته، أو أنه تكون من مواد حول الأرض في بدء نشأتها. والافتراض الرابع، هو نظرية الترشاش العظيم، ومفادها أن جسمًا بحجم المريخ ارتطم بالأرض الفتية، فتكون القمر من أنقاض ذلك الارتطام.

لم يتغير سطح القمر إلا قليلًا منذ ملايين السنين - فبإعدام الجو تنعدم عوامل التجوية.



لا أحد يستطيع سماع صراخك على سطح القمر!

## منظر طبيعي للقمر

إذا قلر لك أن نخط على سطح القمر، فسند عالمًا يسوده السكون التام لانعدام الجو فيه - فلا يتغل الصوت فيه (ولا يمكنك التنفس طبعًا دون برؤ فضائية!). تغطي سطح القمر قوّهات يبلغ اتساع بعضها مئات الكيلومترات، وكان أكثرها قد تكون منذ حوالي ٤٠٠٠ مليون سنة عندما ارتطمت بالقمر صخور من الجزام الكويكبي.

## لزيد من المعلومات انظر

- الأمواج والمدّر والنيارات ص ٢٣٥
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الأرض ص ٢٨٧
- الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



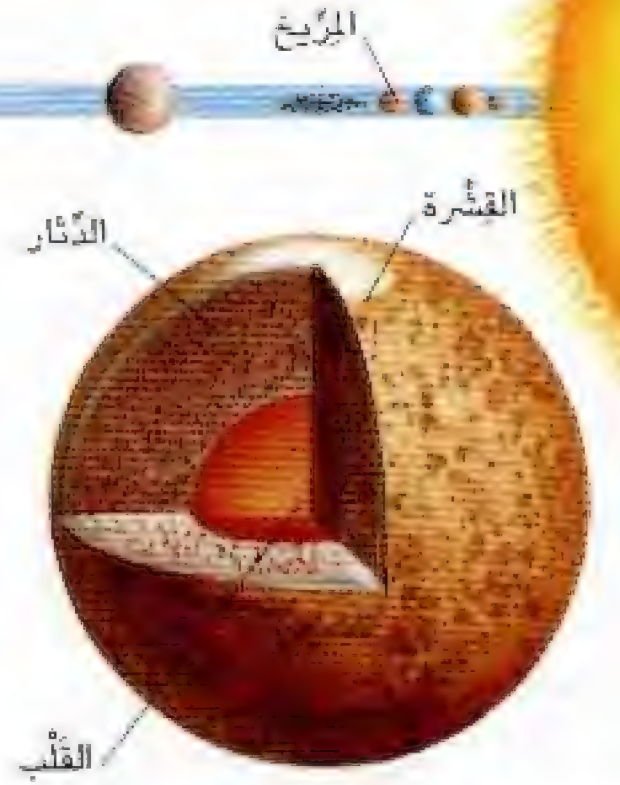
# المريخ

رسم للمريخ من  
وضع برسيغال  
لويل.



رسم لويل للمريخ وفشتر سيماته  
السطحية كاشفة لجزء المياه  
شاذتها حضارة مريخية متقدمة.

الجرم الأحمر الساطع في سماء الأرض هو في الواقع كوكب المريخ، ويعود لونه الأحمر، وهو مَعْلَمُهُ المُمَيِّز الأشهر، إلى الصخور والغبار التي تغطي سطحه. في صيف العام ١٩٧٦ هبطت مركبة فضاء من طراز فايكنغ على سطح المريخ وقامت بتحليل تربته لتقصي أي أثر للحياة فيه وكانت النتائج سلبية؛ لكن التحليل أظهرت أن الكوكب غني بالحديد - وهذا يُعَلِّلُ شكله الصدي. مظهر المريخ يوحي بتوفر مقومات الحياة فيه، لكنه في واقع الحال عالم بارد لا حياة فيه. لقد زودتنا المركبات الفضائية بمشاهد للمريخ، عن قرب، يظهر فيها ثلاثة براكين ضخمة ومجموعة من الخوايق (الأخاديد الوديانية) تُولَّفُ ما يُسمَّى الأودية البحرية - وهي أطول من الخائق العظيم (الغراند كانيون) في الولايات المتحدة عشر مرات، وأربع مرات أعمق منه.



## بنية المريخ

مر المريخ الفتي بفترة قصيرة فقط من الانصهار الكامل؛ لذا لم يَشْنُ لبعض مواد الأفل الغوص إلى مركزه - مما جعل قلبه أصغر من قلوب الكواكب الصخرية الأخرى.

## كوكب وعر

تغطي سطح المريخ معالم مثيرة كالصحاري والجبال العالية والفوهات البركانية العميقة والبراكين الضخمة. وللمريخ قنسونان قطبيتان جليديتان تتغيران بتغير فصوله - فيدوب ثاني أكسيد الكربون الجليدي عنهما صيفًا، كاشفًا سطحًا من الصخور الطباقية، ويتكون ثانية في الشتاء.

اللون الأحمر الغامق  
للكوكب كان الداعي  
لتسميته بأسم إله  
الحرب  
الأسطوري  
ماؤس  
(المريخ).



## برسيغال لويل

برسيغال لويل (١٨٥٥ -

١٩١٦)، فلكي هاوي

ثري، شغف

بالمريخ. وقد

ترأى له خلال

رصده المريخ من

مرصده في أريزونا،

بالولايات المتحدة،

أن الكوكب مأهول وأن

أخاذه هي أفنية لجر المياه،

من القلائس القطبية، إلى الأراضي

الزراعية الجافة. وقد تبين لاحقًا أن ما

ترأى له كان مجرد خداع بصري.

## قوبوس

يدور حول المريخ قمران صغيران

هما ديموس وفوبوس.

ويتدوان من الأرض،

حتى بأقوى ما لدينا من

تلسكوبات، كبقعتين

ضوئيتين صغيرتين. وقد أظهرت

الشفن الفضائية أنهما جزمان قاتمان، غريب الشكل.

ويحوي كلاهما فوهات بركانية، لكن فوبوس

مغطى بالأخاديد أيضًا. وهذان القمران أشبه

بالكويكبات من عدة وجوه - ويعتقد

بعض العلماء أنهما كانا من زمرة الجزام

الكويكبي قبل أن بأسرهما المريخ.



قوبوس، الاسم  
الأسطوري  
لخادم الإله  
ماؤس (المريخ).



## جبل أولمبس

جبل أولمبس البركاني العملاق، ليس أكبر جبل على المريخ فقط، بل هو أضخم الجبال في النظام الشمسي كله - إذ يبلغ قطر قاعدته ٧٠٠ كم، وارتفاعه ٢٧ كم، أي قرابة ثلاثة أضعاف علو جبل إفرست على الأرض.

## منظر طبيعي من المريخ

لو قدّر لك الانتقال إلى المريخ، فسجدته مكانًا باردًا جدًا وموجشًا للغاية. جاذبية المريخ هي حوالى نصف جاذبية الأرض لذا لم يستطع الكوكب شد أكثر من جو رقيق إليه. ورغم ذلك فإن سرعات الرياح فيه أحيانًا تتجاوز ١٠٠ كم/سا، ناشرة عواصف من الغبار قد تستغرق عدة أشهر لتستقر.

## سطح مريخي وعر

سطح المريخ جاف وصخري، تغطي طبقة من الغبار المخمر تتألف كيميائيًا من أكسيد الحديد المُمَيَّا - وهي المادة نفسها التي تُكسِبُ صحاري الأرض لونها المُشْرَب بالحُمرة. حتى سماء المريخ تبدو خراء وزدية بتأثير دقائق الغبار المُعلَّقة والطاقة في جوه.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الروبوتات ص ١٧٦
- البراكين ص ٢١٦
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الأرض ص ٢٨٧
- القمر ص ٢٨٨
- الكويكبات ص ٢٩٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# المشتري

عِمالق الكواكب في النظام الشمسي هو المشتري - إذ تزيد كتلته على ثلاثة أضعاف كتل الكواكب الثمانية الأخرى مجتمعة. ويتألف في معظمه من غازات وسوائل، أما القلب فصخري وصغير نوعاً. وحيث إن الغيوم الكثيفة في أعالي جو المشتري تعكس ضوء الشمس جيداً فهو يرى ناصع السطوع في سماء الأرض ليلاً. إن الكثير من معرفتنا حالياً عن المشتري تم بواسطة بعثات السواير الفضائية، التي عبر أربعة منها على مقربة منه في سبعينيات القرن العشرين؛ كما يدور حوله منذ أواسط العام ١٩٩٧ السابر الفضائي

غاليليو. وسيحقق غاليليو رسداً طويل الأمد للكوكب، وأقماره، ومجاله المغنطيسي القوي الذي تفوق شدته شدة المجال الأرضي ٤٠٠٠ مرة.



## العواصف

يستغرق المشتري أقل من عشر ساعات ليتم دورة كاملة حول محوره، كثيراً بتدويمه السريع هذا رياحاً عاتية. وخلال دوران غازات الجو حول الكوكب تحدث أحزمة ونظماً ملونة في أعالي الغيوم، وتتولد عواصف هائلة. ونذكر أن البقعة الضخمة الحمراء، التي يفوق حجمها ضِعفي حجم الأرض، هي الإعصار الأعظم في النظام الشمسي.

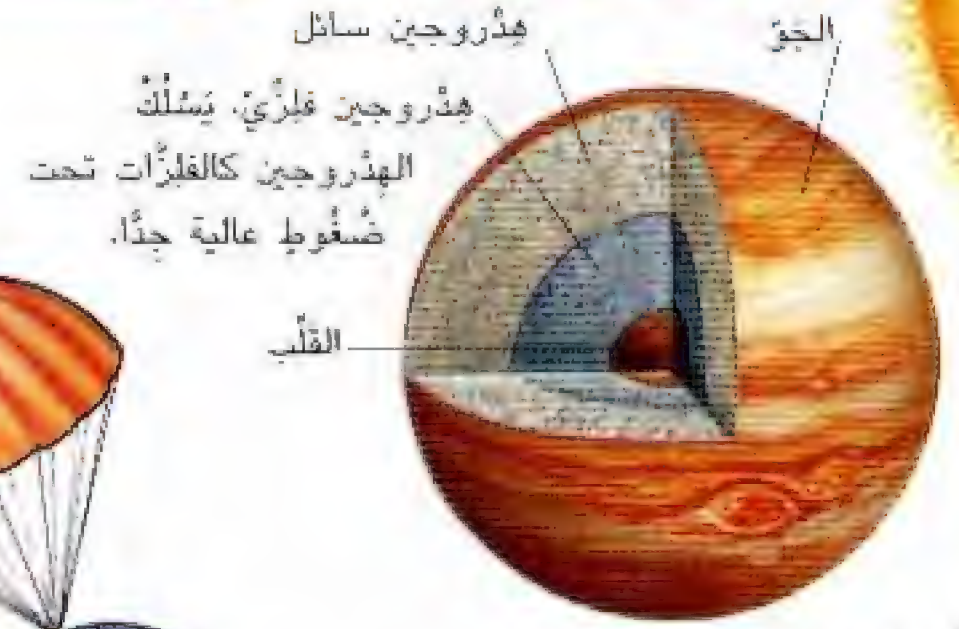


## آيو

القمر آيو أكبر من قمرنا بقليل؛ وهو أحد أشد الأجرام التي تولد المتطومة الشمسية استدعاء للاهتمام، فهو، بتأثير قوة المشتري المدرية (المدية الجزرية) التي تعمل على إجماع قلبه، ذو نشاط بركاني. وهو أحد جرمين فقط، إلى جانب الأرض، معروفين بتواجد براكين ناشطة فيهما.



## المشتري



## بنية المشتري

يحيط بقلب المشتري الصخري الصغير خضم من الهيدروجين سائلاً وفلزيّاً. وتُلف هذا كُله جو هائل الحجم من الهيدروجين والهيليوم ثمان مِراتٍ أكثر من جو الأرض. وتهبط درجة الحرارة نحو طبقات الغيوم العليا إلى ١٤٠°س، بينما تبلغ في القلب ٣٥٠٠°س.

## جو المشتري

لو قدر لرائد فضاء أن يهبط على المشتري، فسيكون ذلك في الواقع «غوصاً» في جو كثيف، عمقه ١٢٨٠ كم، مؤلف من الميثان والأمونيا إضافة إلى الهيدروجين والهيليوم. وسيرودنا السابر الجوي غاليليو، بأول بيانات مباشرة عن خصائص هذا الجو.

## السابر غاليليو

من المقرر أن يكون السابر الفضائي من غاليليو قد بدأ دراسة تفصيلية للمشتري وأقماره، في كانون الأول (ديسمبر) عام ١٩٩٥، تستغرق ٢٢ شهراً، وستدور السفينة الفضائية الرئيسية حول المشتري عشر مرات، فيما يقوم سابر أصغر بفحص جوه.

تتألف الطبقات العليا لجو المشتري من شخب الهيدروجين والهيليوم وبلورات الأمونيا المتجمدة.

## أقمار المشتري

تدور حول المشتري مجموعة أقمار يُعرف منها حالياً ستة عشر وقد يُكتشف المزيد منها لاحقاً - ومعظمها أجرام صغيرة متجمدة لا يزيد قطرها الواحد منها على ١٠٠ كم. وقد جرت دراسة الأقمار الغاليلية الأربعة، التي هي الأكبر بكثير بين أقمار المشتري، عن قرب بواسطة السابرين الفضائيين فوياجير ١ وفوياجير ٢.

## غاليليو غاليلي

الفلكي والفيزيائي الإيطالي، غاليليو (١٥٦٤-١٦٤٢)، اكتشف أربعة من أقمار المشتري عام ١٦١٠ هي: آيو، أوروبا، جانيميد وكاليستو.



تُعرف بالأقمار الغاليلية. وقد سخر غاليليو اكتشافه لإقناع الناس بأن الأرض ليست مركز الكون، وأنها والكواكب الأخرى تدور حول الشمس.

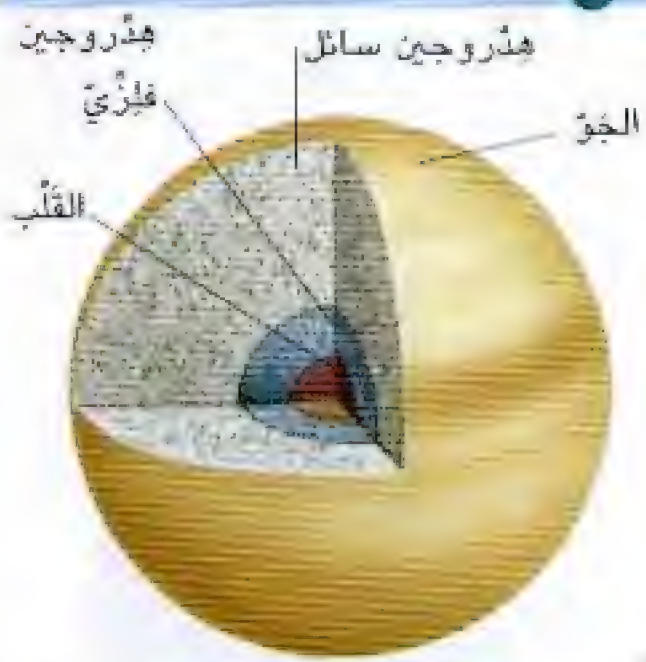
## لمزيد من المعلومات انظر

- الجو ص ٢٤٨
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- القمر ص ٢٨٨
- السواير الفضائية ص ٣٠١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



## زُحَل

زُحَل



## بنية زُحَل

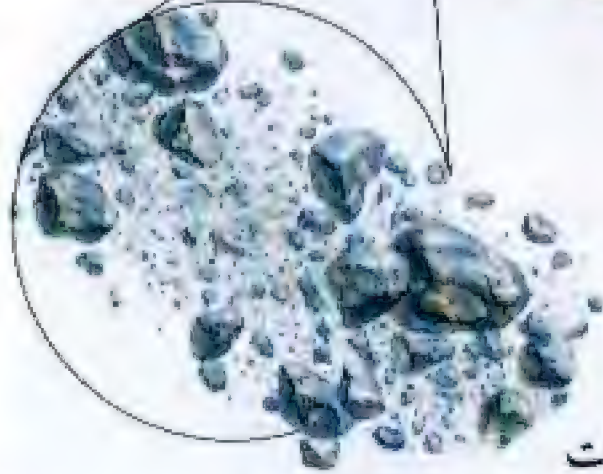
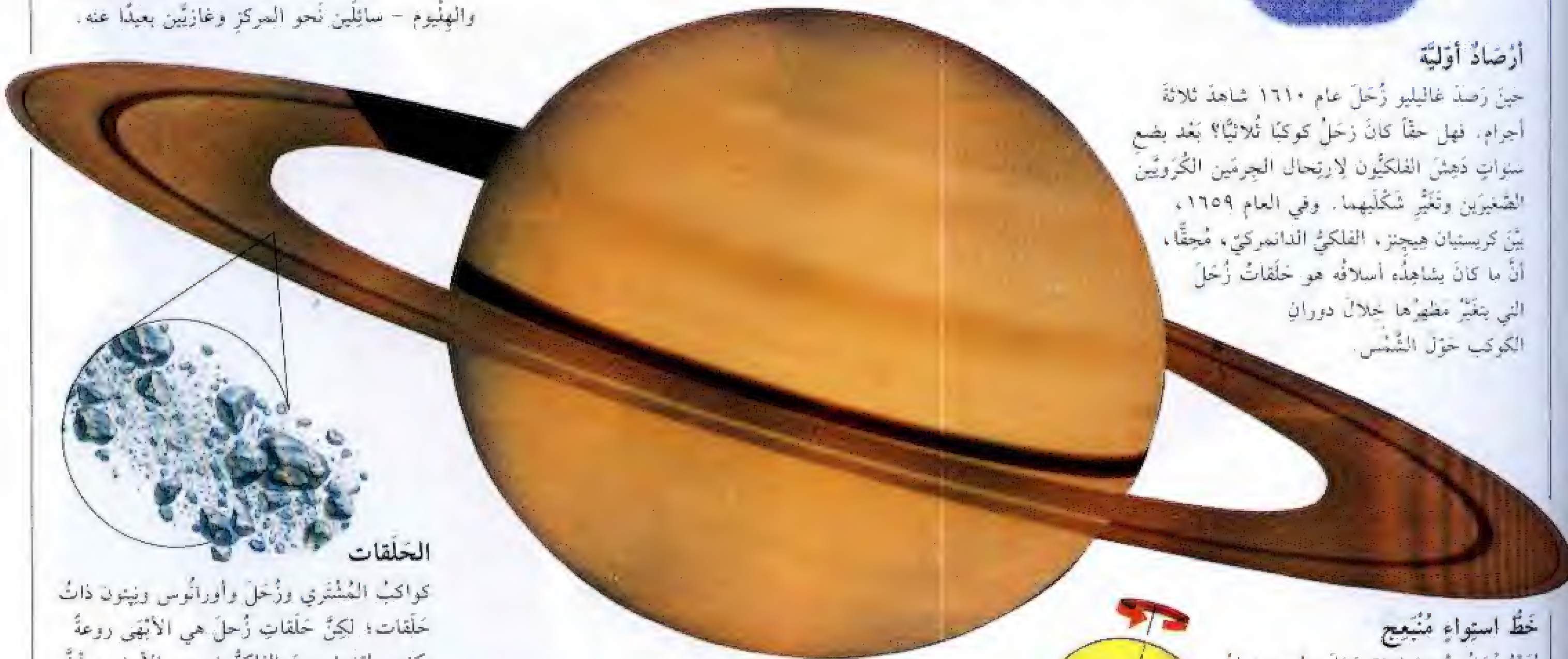
يتألف زُحَل من ثلاث طبقات متميزة - بدءاً من قلب مركزي جليدي صخري تحيط به طبقة من الهيدروجين الفلزّي. أما الطبقة الخارجية فتتألف من الهيدروجين والهيليوم - سائلين نحو المركز وغازيين بعيداً عنه.

كوكب زُحَل الذي يبدو، من الأرض، مجردَ جُرمٍ لامع تبيّن أخيراً أنه جوهرة النظام الشمسيّ. فزُحَل عملاق غازيٌ يشتهر بمنظومته المدهشة من الحلقات الملونة، وهو الكوكب السادس من حيث البعد عن الشمس - إذ يبلغ بعده ضعفي بُعد جاره المشتري تقريباً. منذ العام ١٦١٠، أخذ الفلكيون يرصدون زُحَل بتلسكوباتهم، لكنهم لم يجمعوا على تفسير شافٍ لما كانوا يشاهدون. ولم يُكتشف مدى وتعقيد المنظومة الرُحليّة إلا بواسطة السّابريّين الفضائيّين فوياجير أوائل الثمانينيات من القرن العشرين.



## أرضاً أوليّة

حين رصّد غاليليو زُحَل عام ١٦١٠ شاهد ثلاثة أجرام. فهل حقاً كان زُحَل كوكباً ثلاثياً؟ بعد بضع سنوات دهش الفلكيون لارتحال الجرمين الكرويين الصغيرين وتغيّر شكلهما. وفي العام ١٦٥٩، بين كريستيان هيجنز، الفلكي الدانمركي، مُحجّجاً، أن ما كان يشاهده أسلافه هو حلقات زُحَل التي يتغيّر مظهرها خلال دوران الكوكب حول الشمس.



## الحلقات

كواكب المشتري وزُحَل وأورانوس ونبتون ذات حلقات؛ لكن حلقات زُحَل هي الأبهى روعة بكثير. لقد استنتج الفلكيون، من الأرض، أن تلك الحلقات غير جامدة لأنه يمكنهم مشاهدة النجوم عبرها. أما السُّفن الفضائية فكشفت أن حلقات زُحَل تتألف من قطع صخرية جليدية لا تُحصى - بعضها صغير كالغبار، وبعضها الآخر كبير كالجلاميد الضخمة. ويرى الفلكيون أن حلقات زُحَل طارئة عليه لا أصيلة فيه، وأنها تكوّنت بارتطام أقمار في مداراتها حوله.



## النطق الغيمية

الغيوم الملونة، على سطح جو زُحَل، المؤلفة من الأمونيا وكيماويات أخرى تُكوّن نطقاً جزاميةً حول الكوكب. أحياناً يمكن مشاهدة بقع إهليلجية في هذه النطق - هي بالفعل عواصف هوجاء. ففي يوم عاصف في زُحَل قد تبلغ سرعة الرياح ١٨٠٠ كم/سا في أجواءه العليا.



## خط استواء منبج

يُدوم زُحَل بسرعة فائقة حول محوره فيبلغ يومه ١٠ ساعات و ٣٠ دقيقة فقط. وهذا بالإضافة إلى كثافة الكوكب الخفيفة، يسبب انبعاث خط استواء زُحَل. والمواقع، أن هذا الانبعاث هو الأبرز في النظام الشمسي.



## أقمار زُحَل

زُحَل هو صاحب أكبر عدد من الأقمار. فقد اكتشف له، من الأرض، أحد عشر قمراً، وسبعة أقمار أخرى من سفن الفضاء - وربما كان هناك المزيد. وكان أول هذه الأقمار وأكبرها تيتان، المكتشف عام ١٦٥٥. وهو فريد بين الأقمار بجوئه الكثيف الذي يغطي سطحه. ويلاحظ أن عشرة من أقمار زُحَل الصغيرة هي أجرام بطاطية الشكل غير منتظمة.



قد يطفو زُحَل فعلاً كجبل الجليد - فيفوض منه ١/٣ في الماء.

## الكوكب الطقوي

رغم أن كتلة زُحَل تفوق كتلة الأرض بـ ٩٥ مرة، فإن مُعدّل كثافته خفيض جداً بحيث إنه الكوكب الوحيد الأخف من الحجم تقبیه من الماء. وهذا يعني أن زُحَل يطفو في الماء لأن وزنه النوعي أقل.

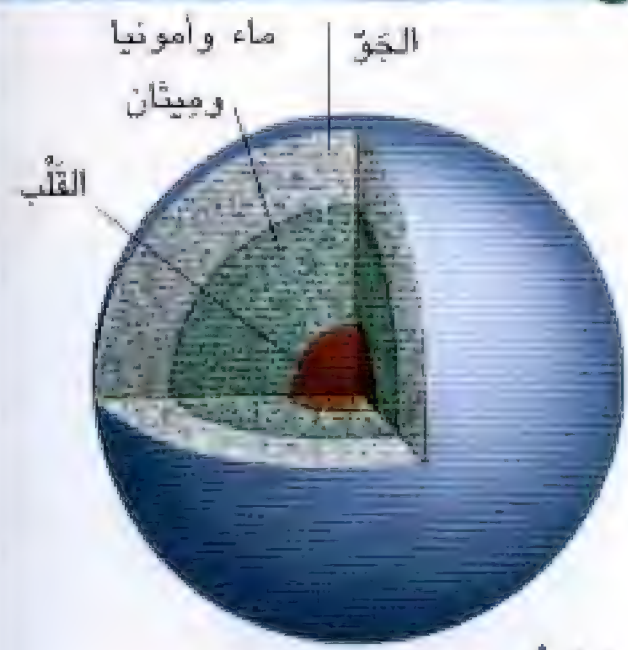
## لمزيد من المعلومات انظر

- الطقو والغوص ص ١٢٩
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- القمر ص ٢٨٨
- السواير الفضائية ص ٣٠١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# أورانوس

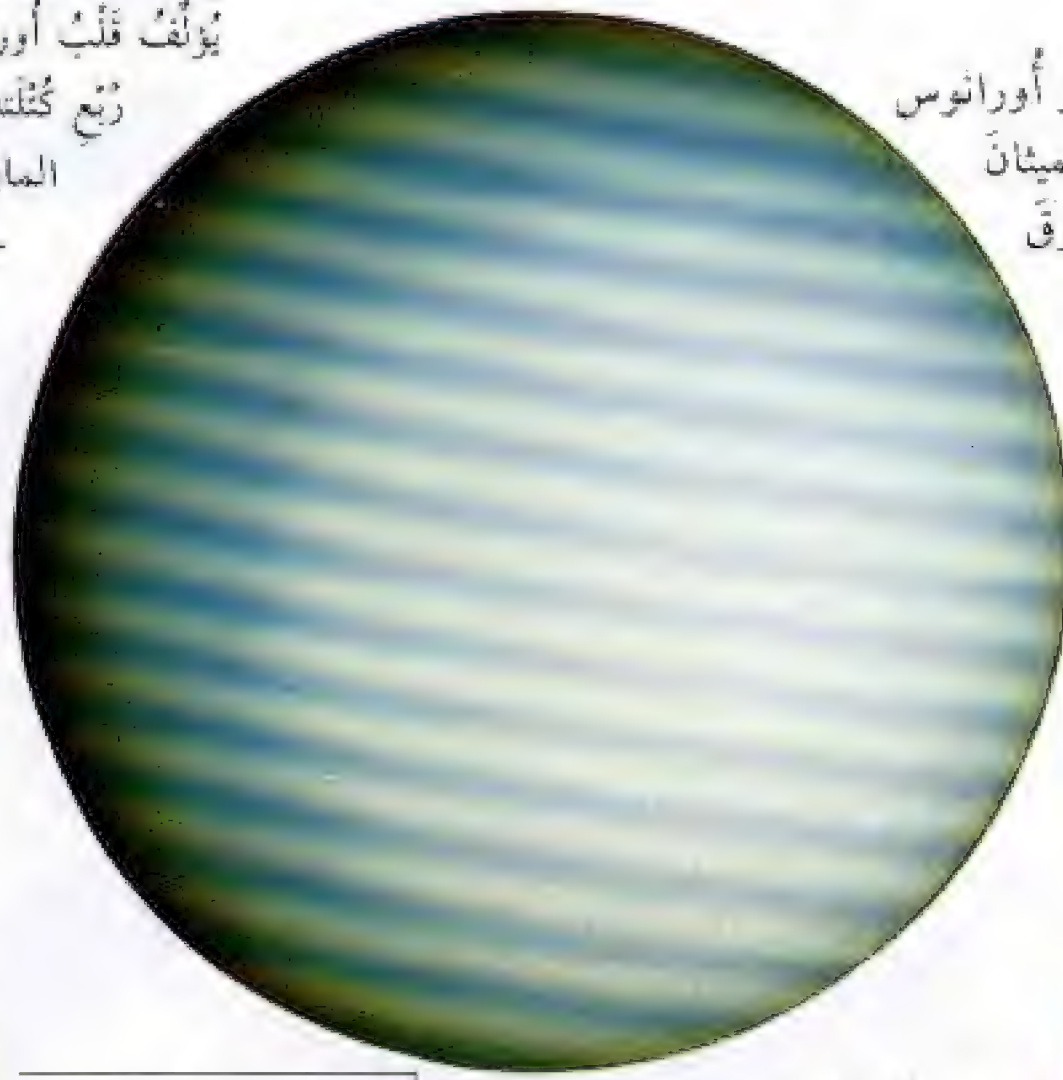
أورانوس



شده الفلكيون عند اكتشاف أورانوس عام ١٧٨١ - أول كوكب يُكتشف في العصر الحديث. فقد كانوا يعتقدون أن زحل هو نهاية النظام الشمسي؛ فجاء اكتشاف أورانوس يُضاعف حجم هذا النظام دفعة واحدة - إذ إن بُعد أورانوس عن الشمس ضعفاً بُعد زحل عنها. وظلّت معلوماتنا شحيحة عن أورانوس بسبب بُعده، حتى عبر على مقربة منه السابر الفضائي فوياجير «٢»، فوجدّه عملاقاً غازياً بارداً ذا منظومة قمرية تضم ١٥ قمراً ويلفه ما لا يقل عن ١١ حلقة سوداء رقيقة القوام.

## بنية أورانوس

يُؤلّف قلب أورانوس الصخري حوائى ربع كتلته وتلّف القلب طبقة من الماء والأمونيا والميثان في حالتى التجمّد والسّيوالة. أمّا الطبقة الخارجيّة فتألّف من غازي الهيدروجين والهيليوم.



## الكوكب الأزرق

حتى بأفضل التلسكوبات الأرضية، لا يبدو أورانوس أكثر من كُرّة غازية ضبابية زرقاء، لأنّ الميثان في جوّه يعكس لونى ضوء الشمس الأزرق والأخضر. وقد بدأ الكوكب عبّر كاميرات فوياجير «٢» أيضاً كُرّة عديمة المعالم. لكنّ المعالجة الحاسوبية للصّور أظهرت أحياناً سُحباً بيضاء من بلّورات الميثان المتجمّد تحملها الرياح حول الكوكب.

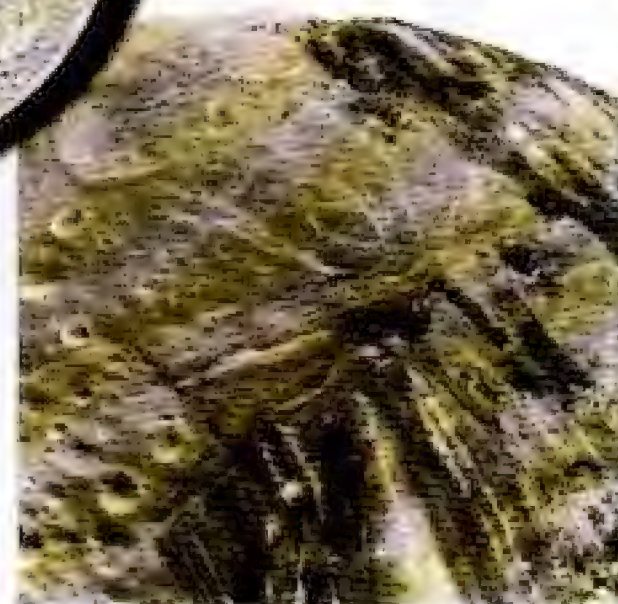


## سطح أورانوس

لا ترتفع درجة الحرارة على سطح أورانوس فوق -٢٠٩°س؛ مع أنّ جوّه ينقل ما يتوقّر من الحرارة حوالبه، لأنّ ما يستقبله الكوكب من ضوء الشمس أقلّ بحوالى ٣٧٠ مرّة ممّا تستقبله الأرض. وإذا قُدّر ليراند أن يزور أورانوس، فسيجده بارداً جداً، وهو قد يغوص في جوّ الكوكب الخائق المؤلف من الهيدروجين والهيليوم والميثان.

## تيتانيا

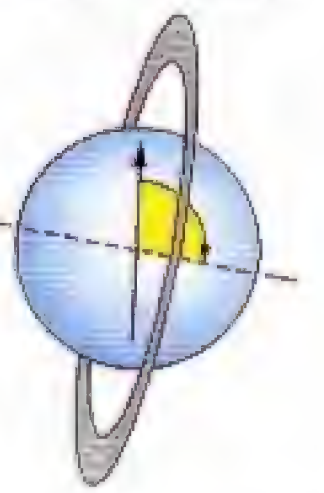
أقمار أورانوس أجرام قائمة من الصخور والجليد. وتيتانيا، الذي تغطّي سطحه أودية عميقة وفوهات بركانية، هو أكبرها.



## أقمار أورانوس

خمس من أقمار أورانوس الخمسة عشر اكتُشفت من الأرض. أمّا العشرة الأصغر، فقد كشفتها كاميرات فوياجير «٢» عام ١٩٨٦. أبعد أقمار أورانوس يُدعى أوبرون - وهو يدور على بُعد ٥٨٢٦٠٠ كم من الكوكب.

أقمار أورانوس وخلقائه تدور حول وسط الكوكب.



## كوكب مُجنّب

يبدو أورانوس قائماً على جانيه. ويُعتقد أنّ ميله هذا حدث بجلال تجمع بضع القِطع الضخمة التي كوّنته.

صفحة من مُفكرة هيرشل

## إكتشافات علمية

### ١٧٨١ اكتشاف أورانوس

لم يكنّ الفلكي الألماني، وليام هيرشل، يبحث عن كواكب؛ لكن أثناء مراقبة زوثنيت في ١٣ آذار (مارس) عام ١٧٨١ اكتشف أورانوس. هذا الاكتشاف جعل الفلكيين يعتقدون بوجود كواكب أخرى غير مُكتشفة.

### ١٨٤٦ اكتشاف نبتون

احسب موقع نبتون لعدم انتظام في حركة أورانوس، فجرى البحث عنه حيثُ توقّع وجوده. وقد نجح بتحقيق ذلك جوهان جالي من ألمانيا في ٢٣ أيلول (سبتمبر) عام ١٨٤٦.

### ١٩٣٠ اكتشاف بلوتو

الأمريكي كلايد تومبوغ اكتشف بلوتو عندما كان يُقارن صفائح فوتوغرافية في كانون الثاني (يناير) عام ١٩٣٠.

## لمزيد من المعلومات انظر

النظام الشمسي ص ٢٨٣  
زحل ص ٢٩١  
نبتون وبلوتو ص ٢٩٣  
السواير الفضائية ص ٣٠١  
حقائق ومعلومات ص ٤١٨

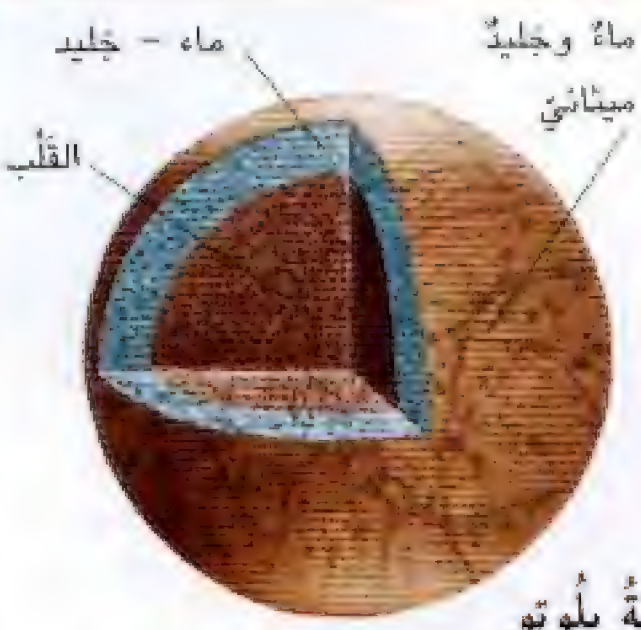
يبدو ميراندا، أحد أقمار أورانوس، كمزيج عشوائي من القوّهات العتيقة والجرف الشاهقة والسّهول المنبسطة، وهي في مُعظمها بنى قديمة؛ لكنّ، من المدهش أنّ بعضها أحدث عهداً بكثير.



# نِيتُون وِپْلُوتو

پْلُوتو

نِيتُون



بنية پْلُوتو

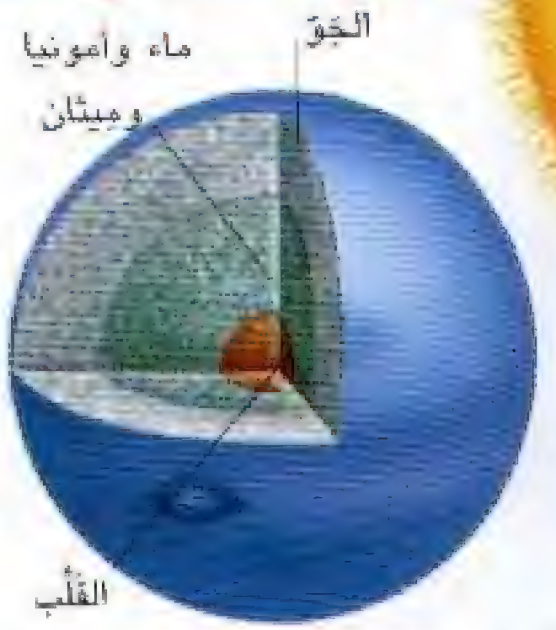
يختلف تركيب پْلُوتو اختلافاً كبيراً عن تركيب الكواكب الخارجية الأخرى. فكثافته تُوحى بأن له قلباً صخرياً. وسطح الكوكب طبقة من صقيع الميثان قد تكون غطاءً لطبقة مائية جليدية دونه.

پْلُوتو

پْلُوتو، أصغر كواكب النظام الشمسي، لم تبلغه سواير الاستكشاف بعد. والمعروف أن له قمرًا وحيداً يُسمى شارون يبلغ حجمه حوالي نصف حجم الكوكب. وهو قريب منه نوعاً. وهذا يجعل من العسير فصل الجرمين بعضهما عن بعض عندما يُرصدان من الأرض.

سطح پْلُوتو

إذا قُدِّرَ لرائد سبي الحظ الهبوط على پْلُوتو، فسيجده عالماً مُتجمداً مُحشاً حاليك الظلمة. يبعد پْلُوتو عن الشمس قرابة أربعين مرة ضعف بُعد الأرض عنها، لذا قد تبدو الشمس منه مُجرّد نجم شديد السطوع فقط.



بنية نِيتُون

نِيتُون ذو قلب صخري صغير يُحيط به جُضم من الماء والأمونيا والميثان. ويتألف جوّه من الهيدروجين والهيليوم والميثان؛ والميثان يُكسب الكوكب لونه الشديد الزرقة.

نِيتُون

تبيّن صور فوياجير أن نِيتُون كوكب أزرق بُرققه سُحب بيضاء من پْلُورات الميثان الجليدي. أمّا البقعة السوداء العظيمة في نصف الكرة الجنوبي من الكوكب فهي في الواقع عاصفة ضخمة تدور حول.

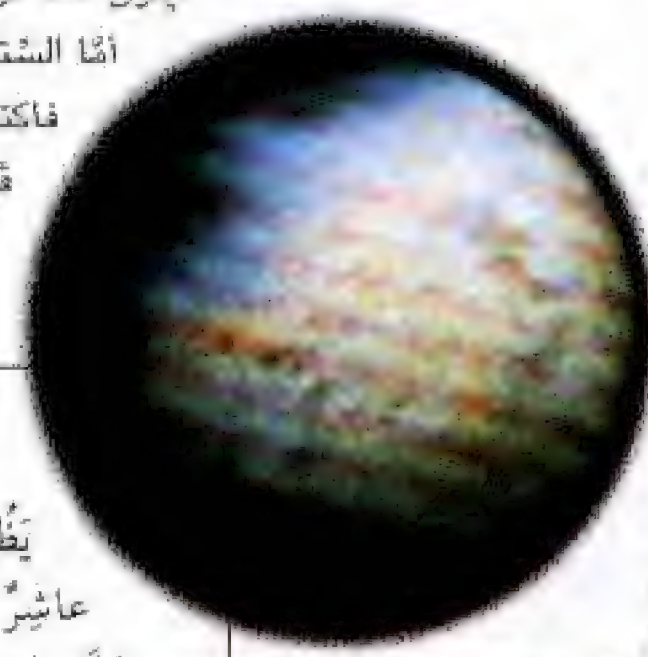


سطح نِيتُون

الهايط على نِيتُون تُجاوبه عواصف ما خُبر مثلاً قَبلاً. فلقد سجّلت السفينة الفضائية فوياجير سرعة رياح على نِيتُون تفوق التصوّر - بلغت ٢١٦٠ كم/سا.

اكتشف من الأرض اثنان من أقمار نِيتُون هما ترائتون وبريد. أمّا السبعة الأخرى فاكشفها فوياجير «٢».

نيريد، أحد أقمار نِيتُون



أقمار نِيتُون

نصفاً كُرة ترائتون، أحد أقمار نِيتُون الثمانية، مُختلفان جداً. فقطه الجنوبي يحوي بُراكين ناشطة وفلسوة قرنفلية من التروجين والجليد الميثاني، بينما قطبه الشمالي مُزرق كثير الأودية الضحلة.

الكوكب العاشر

يُظنّ بعض الفلكيين أنه قد يكون هناك كوكب عاشر في النظام الشمسي. ويعود هذا إلى كون جاذبية پْلُوتو وحدها لا تُعلّل نمط مداري أورانوس ونِيتُون - ممّا يُفترض وجود جرم أعظم كتلة يشدهما حول المسارين اللذين يتخذانهما.



يعتقد العلماء أن كتلة النظام الشمسي المحسوبة أكبر من الكتلة البنية فلكيًا اليوم.

المدارات

يدور پْلُوتو بشكل غريب - فمداره أكثر ميلًا وأكثر استطالة من مدار أي كوكب آخر. في الواقع، يكون پْلُوتو، في جزء من مداره، أقرب إلى الشمس من نِيتُون، بحيث يكون نِيتُون أبعد كوكب في النظام الشمسي خلال تلك الفترة.

لمزيد من المعلومات انظر

النظام الشمسي ص ٢٨٣  
أورانوس ص ٢٩٢  
السواير الفضائية ص ٣٠١  
حقائق ومعلومات ص ٤١٨



# الكويكبات

لو جمعت كل الكويكبات معاً لما كانت تُشكّل إلا جُرّة صغيرة فقط من كتلة الأرض.

هل تعلم أن هنالك ملايين الأجرام السيّارة فعلاً في مداراتها حول الشّمس؟ فإلى جانب الكواكب التسعة «الحقيقية»، هنالك بضعة ملايين من الكويكبات - التي هي قطع صخرية تتراوح أحجامها من نُتف دقيقة من الغبار إلى قطع يبلغ قطرها بضعة مئات من الكيلومترات. ويدور معظم هذه الكويكبات في نطاق مداري بين مداري المريخ والمشتري، وتسلّك كويكبات أخرى مدارات مختلفة. فمنذ القرن الثامن عشر بدأت الأدلة تتوافر لدى الفلكيين على وجود عالم ضائع بين المريخ والمشتري. فبدأت حملة التفتيش باكتشاف الكويكب الأول والأكبر، سيريس، صدفة عام ١٨٠١. وقد تمّ حتى اليوم فهرسة وتحديد مواقع أكثر من ٥٠٠٠ كويكب.

## النطاق

### (أو الحزام) الكويكبي

نقد تكوّن الكواكب الرئيسيّة من نطاق المواد المحيطة بالشّمس الفتية؛ لكنّ المواد في منطقة الحزام الكويكبي لم تُكوّن كوكباً لأنّ الجاذبيّة الهائلة لكوكب المشتري المجاور منعها من التكتّل معاً.

## مدارات الكويكبات

معظم الكويكبات يدور حول الشّمس في النطاق الكويكبي، فيما تدور مجموعات أصغر أخرى في مدارات مختلفة. فالمجموعة الطروادية تتحرك على مسار المشتري نفسه؛ بعضها أمامه وبعضها الآخر خلفه. أمّا زمرّة الكويكبات الأيونية فمداراتها تتقاطع مع مسار الأرض. ويدور كويكب ناء جداً يدعى شيرون بين مداري زحل وأورانوس؛ وهو، على ذلك البعد من الشّمس، يتألّف من الجليد لا الصخر.

## الصورة الكويكبيّة الأولى

حتى العام ١٩٩١، ظلّت دراسة الكويكبات تعتمد أساساً على التلسكوبات (المقارب) الأرضية. ثمّ في تشرين الأوّل (أكتوبر) من تلك السنة، رصد السّابر الفضائي، غاليليو، في طريقه إلى المشتري كويكباً يدعى جاسيرا يقع على حافة النطاق الكويكبي، وصوّره - فكانت الصورة الأولى المأخوذة عن قرب لأحد الكويكبات. وجاسيرا هو كويكب صغير غير منتظم الشكل، يبلغ قطره ١٢ كم ويدور حول بخوره دورة واحدة كل سبع ساعات.



معظم الكويكبات غير منتظمة الشكل.

## أحجام الكويكبات

يستطيع الفلكيون احتساب حجم كويكب ما بدراسة ضوءه (كميّة ما يعكسه من ضوء الشّمس)، أو بقياس زمن عبوره قبالة خلفيّة نجم ما، أو بالقياس المباشر إذا اقترب من الأرض. أكبر الكويكبات حجماً هو سيريس - إذ يبلغ قطره ٩٣٣ كم، لكنّ غالبيتها لا تتعدّى ١٠٠ كم. والكثير منها، بالمقارنة، يُقرّم بمسّ ناطحات السحاب (في الولايات المتحدة).

قطر أصغر كويكب شوهد من الأرض حتى الآن يُقارب ١٥٠م. لكنّ السّوابر الفضائيّة التي عبرت النطاق الكويكبي اكتشفت كويكبات لا يزيد قطرها على بضعة مليمتترات.

## إليانور هيلن

قضت الفلكيّة إليانور هيلن عدّة سنوات تكتشف الكويكبات وترسم خرائطها - بخاصّة تلك التي كانت تقترب من الأرض. تعمل هيلن في كاليفورنيا حيث تقوم بدراسة مدققة للوحدات الفوتوغرافيّة، باحثّة بين النجوم عن كويكبات جديدة. ويسجل التحرك السريع نسبياً للكويكب قبالة خلفيّة من النجوم البعيدة على لوحات فوتوغرافيّة مُقامّة على تلسكوبات خاصّة.



## تسمية الكويكبات

تُرَقّم الكويكبات الجديدة أولاً، وتُسمّى لاحقاً حسب اقتراحات مُكتشفيها. ١٨٠١ اكتشف الكويكب الأول فأُعطي الرقم ١. وتُسمّى سيريس. ١٨٩١ أول كويكب اكتشف بالتصوير رقمه ٣٢٣ وتُسمّى بروسيا. ١٩٧٧ اكتشف الكويكب رقم ٢٠٦٠ وتُسمّى شيرون. مداره أبعد مدار معروف لكويكب. ١٩٨٣ أول كويكب اكتشف بواسطة سبيّة فضائيّة رقمه ٣٢٠٠، وتُسمّى فينون.

## لمزيد من المعلومات انظر

النظام الشّمسّي ص ٢٨٣  
المريخ ص ٢٨٩  
المشتري ص ٢٩٠  
المذنبات والنيازك ص ٢٩٥  
السّوابر الفضائيّة ص ٣٠١



# المذنبات والنيازك

يبدو المذنب ككرة ثلج هائلة مُسَخَّخَة تندفع خاطئة طريقها كالبرق حول أقاصي المنظومة الشمسية. إن بقايا السحابة التي كُوت النظام الشمسي المتواجدة ما وراء مدار بلوتو، تحوي بلايين الكتل الجليدية المعروفة بالمذنبات. ومن حين لآخر ينزاح أحدها عن مداره، نتيجة ارتطام، إلى مسار نحو الشمس حيث يتبخّر الجليد مُكوّنًا رأسًا ضخمًا وذنبًا طويلًا. وخلال انطلاقه، يطرح المذنب شفقًا صغيرة، تُشاهد من الأرض شهبًا ضوئية تُدعى النيازك. والفلكيون تواقون للحصول على عينة من مذنب لأنها ستكون بيّنة دلالية من مولد النظام الشمسي.



نجوم شعرائية

رُصدت المذنبات وشُجّلت على مدى آلاف السنين لكنّ كُتُيبها لم يُترك على حقيقته دائمًا. فقد سُجّلت مرةً بالنجوم الشعراية، وكان المُتطبِّرون (المُؤمنون بالخرافات) يزّون في ظهورها المُفاجئ نذير شوم.



المذنب وشيت، كما بدا في ١٣ مارس عام ١٩٧٦.

## نواة المذنب

ظَلَّت حقيقة نواة المذنب مجال تخمين الناس حتى مرّ سابر فضائي يدعى جيويتو بِسحاذاة نواة مذنب هالي عام ١٩٨٦. فأظهرت الصور المُبتعثة نواة عُسقلية (كحبة البطاطا) من الجليد المُتصخّر طولها ١٦ كم وعرضها ٨ كم؛ فكان ذلك أوّل تأكيد لمَقولة إن المذنبات هي كرات ثلجية عملاقة مُسَخَّخَة (كما تُنبأ بذلك العالم الأمريكي، فريد ويل، عام ١٩٤٩).

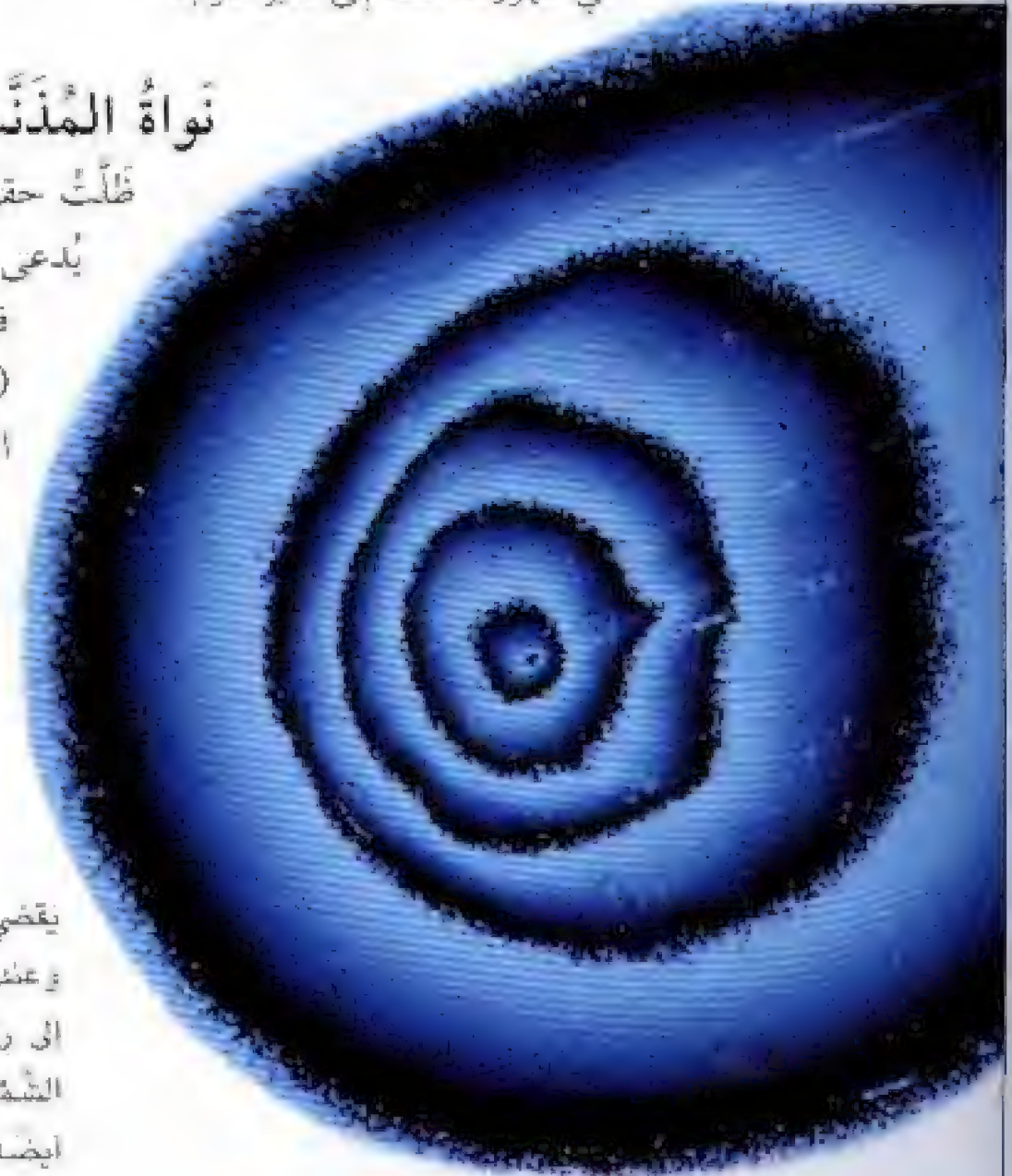
كلّما ابتعد المذنب عن الشمس يتناقص ذنبه حتى يعود ثانية ككرة ثلجية مُسَخَّخَة.

بشّج ذيل المذنب دائمًا بعيدًا عن الشمس. فإذا كان المذنب ينطلق بعيدًا عن الشمس فذيله في شقّته.

مع اقتراب المذنب من الشمس، يبدأ بأطراح بعض من مادّته. إنّ مذنب هالي سيدورّ حول الشمس ٢٣٠٠ مرة قبل أن يتلاشى تمامًا.



يقضي المذنب معظم حياته ككرة ثلجية مُسَخَّخَة. وعندما يقترب من الشمس يتحوّل ثلجه السطحي إلى راس غازي، يُدعى ذؤابة، تكسبه إشعاعات الشمس إلى ذنب غازي - جارفة معه أيضًا ذيلًا من جسيمات الغبار.



## الرّجُم والنيازك

الرّجُم قطع صخرية قديمة بين كوكبية (من الكويكبات أو من سطوح الكواكب، مثلاً) تعبر إلى جو الأرض، فيحترق بعضها الأصغر شهبًا نيزكيةً فيه، ويصطبغ بعضها الآخر بسطح الأرض رُجُمًا. معظم الرّجُم لا يتجاوز حجمها حجم قبضة اليد، لكن بعضها أكبر كثيرًا. فرّجُم بارينجر الذي هبط في أريزونا، بالولايات المتحدة، أحدث حفرة فُطرّها ١,٣ كم.

خلال شهر آب من كلّ عام، تعبر الأرض نطاقًا من الغبار، هو مادة من بقايا مذنب «سوفت تايل»؛ فيحدث ذلك وابل الشهب الفرساوسية.

## وابل شهب

تطرّح المذنبات كميات هائلة من الغاز والغبار، يتجمّع منها على مدى قرابة الألف سنة حلقة ضخمة. فإذا مرّت الأرض عبر تلك الحلقة، يحترق الغبار في جوها، فيرى ذلك من الأرض وابل شهب نيزكية.



حفرة رجُمية في أريزونا، بالولايات المتحدة

## إدموند هالي

عمل العالم الإنكليزي، إدموند هالي (١٦٥٦-١٧٤٢)، في عدّة مجالات من الأبحاث الفلكية، لكنّه اشتهر خاصة بأبحاثه حول المذنبات. بيّن هالي أنّ المذنبات التي رُصدت عامي ١٥٣١ و١٦٠٧، والمذنب الذي شاهده شخصيًا عام ١٦٨٢، هي في الواقع المذنب نفسه، وتنبأ بعودته أواخر عام ١٧٥٩، وهذا ما حصل بالفعل - كما ظهر المذنب أيضًا في الأعوام ١٨٣٥، ١٩١٠ و١٩٨٦؛ ويُعرف بمذنب هالي. وكان هالي أوّل من بيّن أنّ مدارات بعض المذنبات تعيدها دوريًا إلى جوار الشمس.



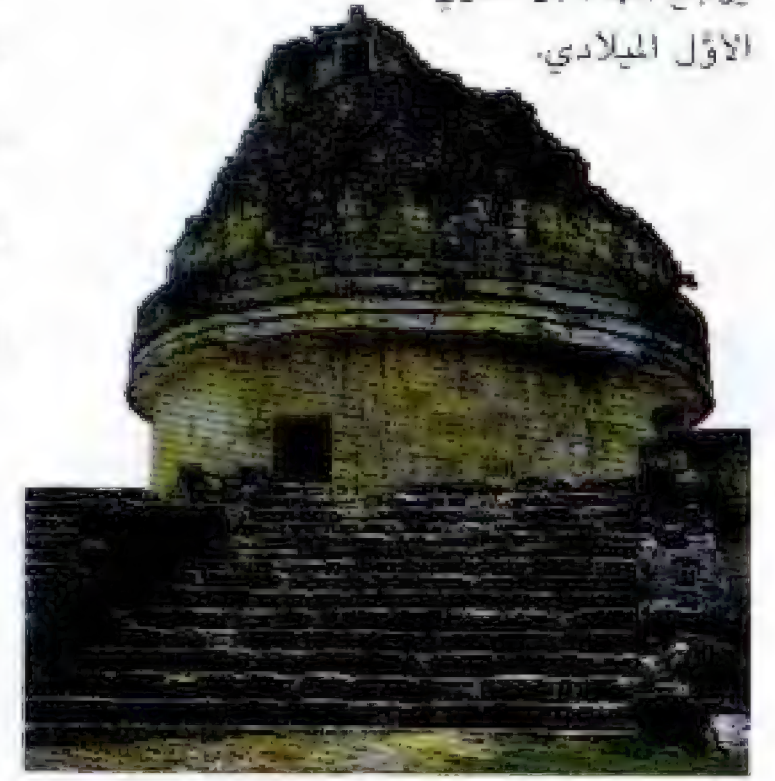
## لمزيد من المعلومات انظر

النظام الشمسي ص ٢٨٣  
الكويكبات ص ٢٩٤  
حقائق ومعلومات ص ٤١٨



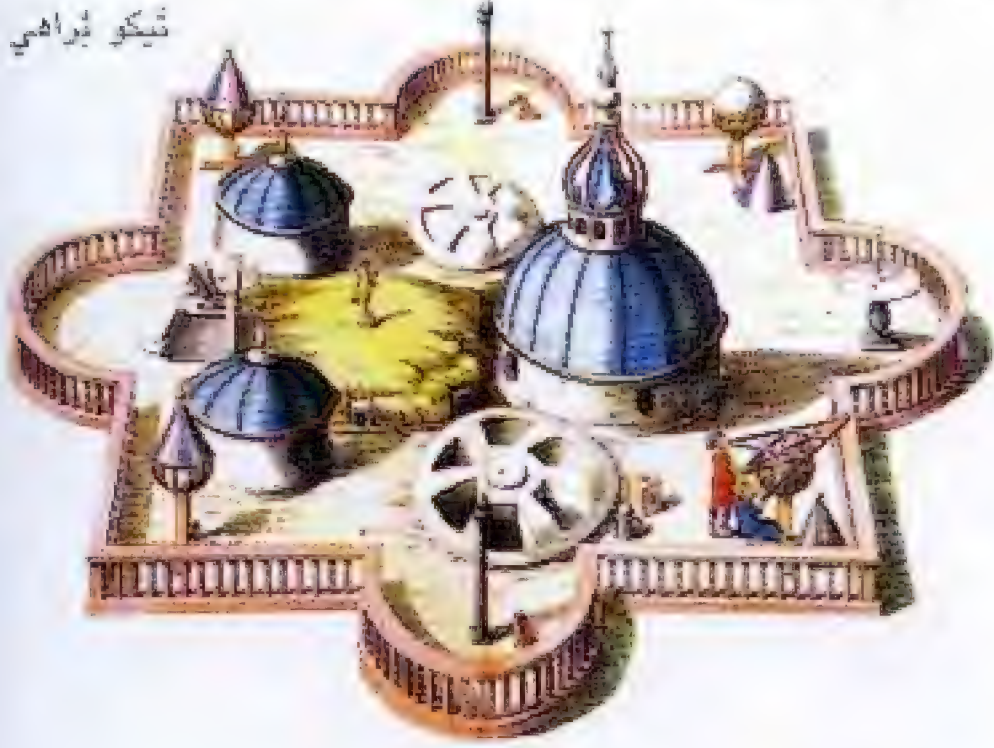
# عِلْمُ الْفَلَكِ

مرصد المايا في مكسيكو  
يرجع عهده إلى القرن  
الأول الميلادي.



عِلْمُ الْفَلَكِ أقدم العلوم، فمنذ آلاف السنين حاول الإنسان تعرّف الفضاء وموقع الأرض فيه. وقد طوّر المصريون منذ ٤٠٠٠ سنة تقويمًا يعتمد على حركة الأجرام السماوية - كما عرفوا الكسوف والخسوف. وقد حقّق الإغريق منذ القرن السادس ق.م. إنجازات فلكية على يد أمثال طاليس وأرسطارخس واراتوشينس طوّرها الفلكيون العرب من أمثال البتاني والبيروني فيما بين القرنين الثامن والثاني عشر، كما يتبيّن من مئات التسميات الفلكية الدولية المعاصرة. ومنذ القرن السابع عشر تسارعت وتيرة الاكتشافات الفلكية حتى إنّ ما تعرّفناه عن الكون خلال القرن الحالي يفوق سائر ما عرفناه سابقًا. فقد أصبح الفلكي اليوم عالمًا مختصًا بمجال من عِلْمِ الْفَلَكِ لا شخصًا يعمل في مجالات علمية متعدّدة.

مرصد  
تيكو براهي



## عِلْمُ الْفَلَكِ القديم

اعتمدت الحضارات العالمية القديمة في تقاويمها على حركة الأجرام في الفضاء. فاستُخدمت مواقع الشمس والقمر في قياس الزمن - بالأيام والشهور والفصول والسنين. كما استُخدمت الشمس والقمر والنجوم معالم هداية في السفر والملاحة برًا وبحرًا. ولما كان إدراك طبيعة تلك الأجرام وتحركاتها قاصرًا اعتبرت بعض الظواهر الفلكية أحيانًا نذير شوم.



## أهداف جديدة طموحة

خلال القرن التاسع عشر تغيّرت أهداف عِلْمِ الْفَلَكِ. فتحول اهتمام الفلكيين من فهرسة النجوم وتحديد مواقعها وحركاتها إلى دراسة ماهية الأجرام الفلكية وطبيعتها (علم الفيزياء الفلكية). ففي الستينيات من القرن التاسع عشر، حلّل الفلكي البريطاني، وليام هيجر، أضواء النجوم (الأطياف)؛ وسرعان ما كرّس الفلكيون جهودهم في متابعة هذا العمل، فضّتوا النجوم تبعًا لأطيافها.

## استخدام التقنيات (التكنولوجية)

كان الفلكيون القدماء يعتمدون على ما يُشاهدونه بالعين المجردة. ففي القرن السادس عشر وضع تيكو براهي من مرصده أدق القياسات الممكنة للنجوم بالعين المجردة. ثم استُخدم التلسكوب للمرة الأولى في القرن السابع عشر، وظلّ على مدى السنين أداة الفلكيين الأساسية. واليوم يُستعان بالتلسكوبات الفائقة القدرة والشوازل والشواير الفضائية، على اختلافها، لجمع المعلومات عن الفضاء. ومن ثمّ يُستخدم العلماء معدّات متطورة معقّدة لدراسة المعلومات المجمّعة.



يستخدم الفلكيون  
الحواسيب في تحليل  
الصور واحسب المدارات  
والتحكّم في المعادلات المختلفة  
كالتلسكوبات والشوازل  
والشواير الفضائية.

## عِلْمُ الْفَلَكِ الحديث

ما إن يتوصّل الفلكيون إلى إيجام الأجوبة عن بعض تساؤلاتهم، حتى تُحلّ محلّها تساؤلات جديدة. فمن المسلم به الآن مثلاً أنّ بداية الكون تمثّل بالانفجار العظيم؛ لكنّ كيف تجمّعت موادّ ذلك الانفجار معًا لتكون المجرات؟ يستطیع العلماء اليوم معالجة أمثالي هذه المسائل بسرعة أكبر بواسطة الحواسيب - فهذه، تحلّ المسائل الرياضية المعقّدة، التي كانت تستغرق أسابيع منذ مئة سنة، في غضون سويّعات. كما تُمكن الحواسيب الفلكيين، تحوّل العالم، من التواصل معًا ليتضافر جهودهم في فهمنا للكون.

## يوهانس كبلر

الفلكي الدانماركي، تيكو براهي (١٥٤٦-١٦٠١)، قضى سنوات عديدة في فهرسة النجوم والكواكب وتحديد مواقعها بدقة فائقة. فمكّنك أرصاده الدقيقة للكواكب مساعده يوهانس



كبلر (١٥٧١-١٦٣٠) من التوصل إلى قوانينه الفلكية الثلاثة المهمة في كشف طبيعة حركاتها فقانونه الأول يصف أشكال مدارات الكواكب؛ وقانونه الثاني يحدّد سرعة الكواكب في مداراتها، وقانونه الثالث يبيّن علاقة المدارات الكوكبية المختلفة بعضها ببعض.

### لمزيد من المعلومات انظر

- النجوم ص ٢٧٨
- الكواكب (الأبراج) ص ٢٨٢
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الشمس ص ٢٨٤
- التلسكوبات على الأرض ص ٢٩٧
- التلسكوبات في الفضاء ص ٢٩٨
- الشواير الفضائية ص ٣٠١



# التلسكوبات على الأرض

مُنشأ هالي ١٩٩٠



قَبْلَ اختراع التلسكوب (المقراب)، كانت الوسيلة الوحيدة لرصد الكون هي العين المجردة. ومنذُ استُخدم غاليليو التلسكوب للمرة الأولى لرصد الأفلاك عام ١٦٠٩، أخذ الفلكيون يُحدّثون أبصارهم أبعد فأبعد في أرجاء الفضاء؛ فاستطاعوا رؤية تفاصيل دقيقة من سطوح الكواكب ومُشاهدة الكثير من النجوم التي لم تكن تُرى فيما مضى. وقد استُخدمت التلسكوبات الأولى عدسات لتُجمّع ضوء النجوم فُعِرِفَتْ بالتلسكوبات الكاسرة. أما التي تستخدم المرايا بدل العدسات فتُسمّى التلسكوبات العاكسة. وللتلسكوبات الحديثة مُلحقات تُمكنها من أخذ القياسات وتحليل ضوء النجوم. ولا يزال التلسكوب الصديق المُفضّل عند الفلكيين.

## الصُور التلسكوبية

بدأ النُقاط الصُور من الفضاء فوتوغرافيًا (كصُور المُنذَبات مثلاً) منذُ أوائل عَهْد التصوير الفوتوغرافي. واليوم، يلتقط الفلكيون الصُور من خلال التلسكوبات، فتُسجّل الصورة على رقاقة إلكترونية أو لوحة فوتوغرافية، وقد تُستخدم الحواسيب في إبراز تفاصيلها.

## المراصد

تتطلّب التلسكوبات مَبانٍ مُناسبة تُدعى مَراصد. وتُقام هذه المَراصد عادةً على قِمَم الجبال، حيثُ يتسنى للتلسكوب الحصول على المنظر الأفضل للفضاء - بعيدًا عن أضواء المُدن ومُتجاوزًا الكثير من التأثيرات المُعيقَة في جو الأرض.

فجرٌ في سماء الطبّق العاكس الضخم لتلسكوب أريسيبو الراديوي.



## التلسكوبات الراديوية

لتُجمّع الأمواج اللاسلكية من الفضاء، يُستخدم الفلكي تلسكوبًا راديويًا، يعمل كالتلسكوبات البصرية (التي تُجمّع الضوء) - فيوجّه طبقه نحو الفضاء لتجميع الأمواج وتبثّها. ولَمَّا كانت الأمواج اللاسلكية أطول أمواجًا من الضوء، وجب أن يكون التلسكوب اللاسلكي أكبر بكثير من التلسكوب البصري لتُجمّع كمية المعلومات ذاتها. ويوجد التلسكوب ذو الطبق الأحادي الأكبر في العالم في أريسيبو، بورتوريكو. وقد أقيم طبقه البالغ قُطره ٣٠٥ أمتار فوق تجويف طبيعي في الأدغال، ففي أثناء دوران الأرض يواجه الطبق أقسامًا مُختلفة من السماء.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الانعكاس ص ١٩٤
- العدسات ص ١٩٧
- الآلات البصرية ص ١٩٨
- التلسكوبات في الفضاء ص ٢٩٨



يقع مرصد سيرو تولولو (لعموم أمريكا) على سلسلة جبال الأنديز.

التلسكوبات ضخمة جدًا وباهظة التكلفة بحيث تشغّل عدّة دُول في بناء واحد منها واستُخدامه.

صورة بالراديو لستديم الشيطان التقطت بواسطة المقراب الراديوي الكبير المتعدّد الأطباق في نيومكسيكو.

## الإطلال على الماضي السحيق

إذا تابع الفلكيون رصد الأجرام البعيدة أكثر فأكثر، فقد يستطيعون النّظر أبعد فأبعد في الماضي السحيق - رُبما نحو بداية الكون ذاتها. ولتحقيق ذلك يحتاجون إلى تلسكوبات ذات مَرايا كبيرة جدًا لتجميع الضوء. ويضمّ مرصد سيرو تولولو في الشيلي تلسكوبًا عاكسًا ذا مرآة ضخمة يبلغ قُطرها ٤ أمتار. ولَمَّا كان من الصعب صنّع مرآة أكبر (لأنّ الرّجّاج يتكسر)، فقد طُوّرت بعض التلسكوبات المتعددة المرايا، وهي تُستخدم مجموعات من المرايا الصغيرة المتضامّة بحيث تُعاوِل قدرتها على تجميع الضوء، قُدرة مرآة ضخمة جدًا.

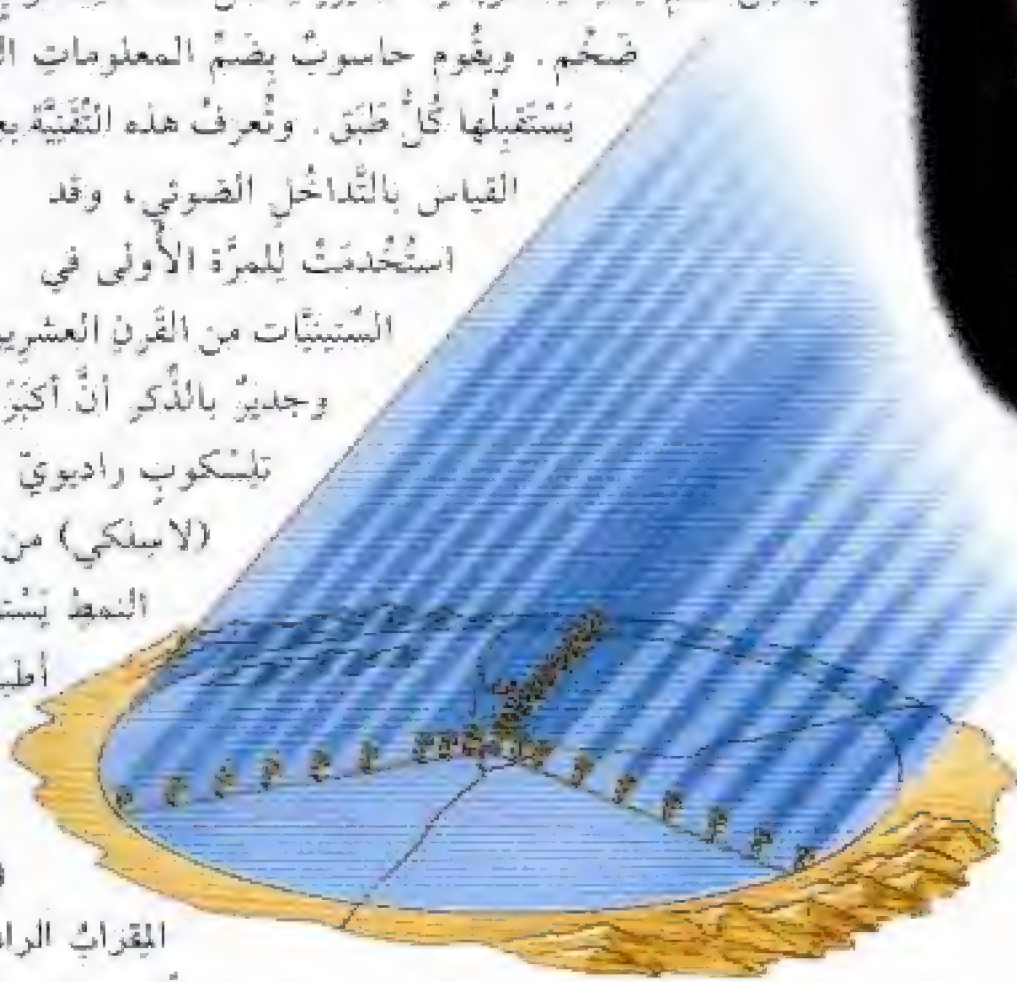
## تلسكوبات تعمل معًا

يُمكن ضمّ عدّة تلسكوبات صغيرة لتُعمل معًا كتلسكوب ضخم. ويقوم حاسوب يضمّ المعلومات التي يُستقبلها كلُّ طبق. وتُعرف هذه التقنية بعِلْم القياس بالداخل الضوئي، وقد استُخدمت للمرة الأولى في السّبعينيات من القرن العشرين. وجدير بالذكر أنّ أكبر تلسكوب راديوي (لاسلكي) من هذا النمط يُستخدم

أطابقًا مُقامة

في قارّات مُختلفة!

في نيومكسيكو، يُستخدّم المقراب الراديوي الكبير المتعدّد الأطباق صفيحةً من ٢٧ طبقًا قُطر الواحد منها ٢٥ مترًا.



## صورة بالراديو

اكتُشِفَت أمواج الفضاء الراديوية (المسمّاة أحيانًا الضوء اللاسلكي) عام ١٩٣١. لكن إقامة التلسكوبات الراديوية (اللاسلكية) واستخدامها تأخّرا حتى أواخر العُقد التالي. في هذه التلسكوبات تُحوّل الأمواج الراديوية إلى إشارات كهربائية يُمكن استخدامها لتأليف صُور مصدريها.



# التلسكوبات في الفضاء

يَحْجُبُ جَوُّ الْأَرْضِ الْعَدِيدَ مِنَ الْإِشْعَاعَاتِ، فَيَقِينَا مِنْهَا كَمَا تَقِي النَّظَارَاتُ الشَّمْسِيَّةُ أَعْيُنَنَا. وَهَذَا الْجَوُّ يَمُرُّ الضَّوُّ، لَكِنَّ الضَّوِّ أَيْضًا يَتَأَثَّرُ بِهِ - فَتَبْدُو الصُّورُ غَبِشَةً وَالنُّجُومُ لَأَلَاءَةً؛ وَهِيَ فِي الْوَاقِعِ مُطَرَّدَةٌ الشُّطُوعِ. لِذَا أَخَذَ الْفَلَكِيُّونَ مُنْذُ مُنْتَصَفِ الْقَرْنِ الْعِشْرِينَ يَبْعَثُونَ التَّلِسْكَوبَاتِ إِلَى الْفَضَاءِ لِلْحَصُولِ عَلَى صُورٍ وَمَشَاهِدٍ أَفْضَلَ لِلْأَفْلَاكِ مِنْ حَوْلِنَا. كَمَا إِنَّ التَّلِسْكَوبَاتِ فِي الْفَضَاءِ تَلْقِطُ مَشَاهِدَ لِلْكَوْنِ لَا يُمَكِّنُ مُشَاهَدَتُهَا مِنَ الْأَرْضِ؛ وَتَعْمَلُ هَذِهِ التَّلِسْكَوبَاتُ لَيْلَ نَهَارٍ - تُسَجِّلُ الْمَعْلُومَاتِ وَتُرْسِلُهَا إِلَى

الْأَرْضِ لِتُحْلَلْ وَتُدْرَسَ. ثُمَّ إِنَّ التَّلِسْكَوبَاتِ تُمَكِّنُنَا مِنْ تَفْحُصِ الْفَضَاءِ بِأَجْهَازٍ حَسَّاسَةٍ لِمُخْتَلِفِ الْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ مِنْهَا وَفَوْقَ الْبِنْفَسْجِيَّةِ وَالْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ.



## المحاولات الأولى

خِلَالَ الثَّلَاثِيَّاتِ وَالْأَرْبَعِيَّاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعِشْرِينَ كَانَتْ الْمَنَاطِقُ إِحْدَى الْوَسَائِلِ الْقَلِيلَةِ لِحَمْلِ الْأَجْهَازِ الْعِلْمِيَّةِ إِلَى الْفَضَاءِ؛ وَكَانَتْ الصَّوَارِيخُ الْخِيَارَ الْآخَرَ. وَهِيَ، مَتَى خَلَقَتْ إِلَى أَرْتَفَاعٍ كَافٍ، يَتَسَنَّى لَهَا خِلَالَ دَقَائِقٍ قَلِيلَةٍ تَسْجِيلُ مَشَاهِدٍ كَصُورٍ لِنَشْنَسٍ مِثْلًا بِالْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ، قَبْلَ سُقُوطِهَا عَائِدَةً إِلَى الْأَرْضِ.

يَنْقَسِمُ جَوُّ الْأَرْضِ إِلَى طَبَقَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ هِيَ: الْغِلَافُ السُّفْلِي (الْتَرُيُوسْفِيرُ)، وَالْغِلَافُ الطَّبَقِي (الْسْتَرَاتُوسْفِيرُ)، وَالْغِلَافُ الْمُتَوَسِّطُ (الْمِيُوسْفِيرُ) وَالْغِلَافُ الْحَرَارِي (الْتَرْمُوسْفِيرُ)؛ وَتَحْجُبُ الْأَغْلَافُ الْمُخْتَلِفَةُ إِشْعَاعَاتٍ مُخْتَلِفَةً.

يَصُدُّ الْغِلَافُ الْحَرَارِي أَشْعَةً جَامَا نَاقَاتِ الْأَطْوَالِ الْمَوْجِيَّةِ الْقَصِيرَةِ.

الْأَشْعَةُ السَّيْنِيَّةُ

الْأَشْعَةُ فَوْقَ الْبِنْفَسْجِيَّةِ

## صُورٌ بِالْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ

إِنَّ بَعْضَ الْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ تَصِلُنَا مِنَ الْفَضَاءِ الْخَارِجِيِّ، لَكِنَّهَا تَتَدَاخَلُ مَعَ الْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ الَّتِي تَبْعَثُهَا الْأَرْضُ نَفْسُهَا، لِذَا، يُفَضَّلُ الْفَلَكِيُّونَ وَضْعَ تِلِسْكَوبَاتِ الْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ فِي الْفَضَاءِ - حَيْثُ بَاسِطَاعَتِهَا كَشْفُ الْمَصَادِرِ الْحَرَارِيَّةِ الَّتِي لَا تَبْعَثُهَا التَّلِسْكَوبَاتُ الصُّوْتِيَّةُ.

طَبَقَةُ الْغِلَافِ الْحَرَارِيِّ الْعُلْيَا

## الإشعاع

أَمْوَاجُ الضَّوِّ هِيَ إِحْدَى أَنْوَاعِ الْإِشْعَاعَاتِ الْعَدِيدَةِ الَّتِي تَبْعَثُهَا الْأَجْرَامُ الْفَضَائِيَّةُ. وَالْأَنْوَاعُ الْآخَرَى ذَاتُ أَطْوَالِ

مَوْجِيَّةٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَالْأَمْوَاجُ الرَّادِيُوتِيَّةُ، مِثْلًا، ذَاتُ طُولٍ مَوْجِيٍّ يَفُوقُ طُولَ أَمْوَاجِ الضَّوِّ؛ بَيْنَمَا الْأَطْوَالُ الْمَوْجِيَّةُ لِلْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ أَقْصَرُ. وَلَيْسَ كُلُّ هَذِهِ الْإِشْعَاعَاتِ قَادِرَةً عَلَى اخْتِرَاقِ جَوِّ الْأَرْضِ لِيَلْبُغَ سَطْحُهَا - فَكَبِيرُ الضَّوِّ وَبَعْضُ الْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ قَادِرَةٌ عَلَى ذَلِكَ، أَمَّا أَشْعَةُ غَامَا، فَلَا.

فَإِذَا رَغِبَ الْفَلَكِيُّونَ تَجْمِيعَ مِثْلِ هَذِهِ الْأَشْعَةِ (الَّتِي لَا تَسْتَطِيعُ اخْتِرَاقُ جَوِّ الْأَرْضِ) فَعَلَيْهِمْ إِرسَالُ مُعَدَّاتِهِمْ إِلَى الْفَضَاءِ الْخَارِجِيِّ لِذَلِكَ.

الْغِلَافُ الطَّبَقِيُّ الْعُلْوِي  
أَعْلَى الْغِلَافِ السُّفْلِيِّ

سَطْحُ الْأَرْضِ

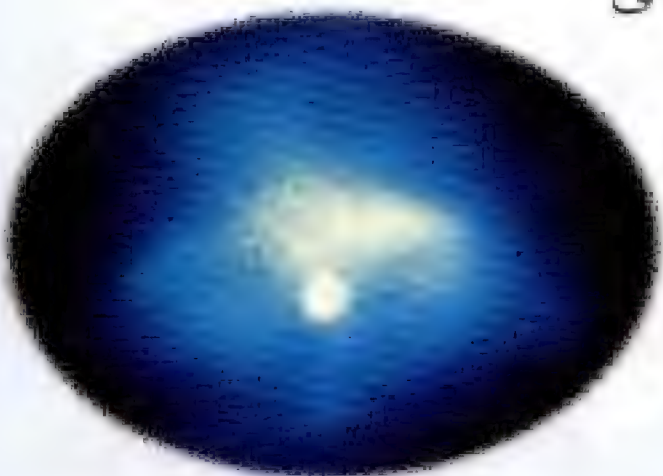
تَصِلُ أَمْوَاجُ الضَّوِّ إِلَى الْأَرْضِ، لَكِنَّهُنَّ تَسِيرُهَا عَنِ الْجَوِّ يُؤَثِّرُ فِيهَا.

طَبَقَةُ الْغِلَافِ الْمُتَوَسِّطِ الْعُلْيَا  
يَنْبَغِي جَمْعُ الْأَمْوَاجِ الرَّادِيُوتِيَّةِ (الْأَسْلَسْكِيَّةِ) الطَّوِيلَةِ فِي الْفَضَاءِ.

الْأَمْوَاجُ الرَّادِيُوتِيَّةُ الْقَصِيرَةِ تَصِلُ إِلَى الْأَرْضِ.

طَبَقَةُ الْأَوْزُونِ

يَصُدُّ الْغِلَافُ الْجَوِّي السُّفْلِي الْأَمْوَاجَ تَحْتَ الْحُمْرَاءِ؛ لَكِنَّ قَلَّةً مِنْهَا تَخْتَرُقُ الْجَوَّ إِلَى الْأَرْضِ حَيْثُ التَّلِسْكَوبَاتُ الْكَبِيرَةُ جَاهِزَةٌ لِتَجْمِيعِهَا.



صُورَةٌ لِسَدِيمِ الشَّرْطَانِ بِالْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ (أَشْعَةُ الْكَمِ)

## صُورٌ بِالْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ

مِنْذُ اكْتِشَافِ الْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ الْفَضَائِيَّةِ لِلْمَرَّةِ الْأُولَى، عَامَ ١٩٤٨، وَالْفَلَكِيُّونَ يَتَخَصَّصُونَ الْكَوْنُ كَمَا تُبَيِّنُهُ تِلْكَ الْأَشْعَةُ - إِذْ يَسْتَدْوِرُ الْأَشْعَةُ السَّيْنِيَّةُ بَيْنَ «الْبَيْعِ الْحَامِيَّةِ» أَوْ الْمَنَاطِقِ النَّاشِطَةِ الْعَالِيَةِ فِي الْفَضَاءِ؛ كَمَا تُسَاعِدُنَا أَيْضًا فِي مُشَاهَدَةِ أَجْرَامِ كَالْكَوْمَسَاتِ، تَبْدُو بِدُونِهَا ضَبَائِيَّةً خَافِيَةً.

يُسْتَخْدَمُ تِلِسْكَوبٌ قَبْلَ خَرَابِهَا لِتَجْمِيعِ الضَّوِّ وَالْأَشْعَةِ فَوْقَ الْبِنْفَسْجِيَّةِ مِنَ الْفَضَاءِ وَتَبْثِيرِهَا.

حَاسِبَاتُ السَّائِلِ يَتَحَكَّمُ فِي التَّلِسْكَوبِ وَيَنْقُلُ الْمَعْلُومَاتِ مِنَ الْأَرْضِ وَإِلَيْهَا.

## تِلِسْكَوبُ هَبِلِ

أُطْلِقَ تِلِسْكَوبُ هَبِلِ الْفَضَائِي فِي نَيْسَانَ (أَبْرِيلَ) عَامَ ١٩٩٠. وَهُوَ يَدُورُ حَوْلَ

الْأَرْضِ عَلَى عُلوٍّ ٥٠٠ كَم. وَيَجْمَعُ مِنْ مَوْقِعِهِ صُورًا مِنْذُ مِلَايِينِ السَّنِينَ تُبَيِّنُ لِلْفَلَكِيِّينَ فُرْصَةَ الْإِطْلَاعِ عَلَى تَكْوُنِ الْكَوْنِ الْفَنِيِّ بَعْدَ الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ. وَيَقُومُ عَلَى صِيَانَةِ هَذَا التَّلِسْكَوبِ فِي الْفَضَاءِ دُورِيًّا رُؤَادُ مِنَ الْمَكُونِ الْفَضَائِيِّ.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الْقَلْبُ الْكَهْرِمَغْنَطِيْسِي ص ١٩٢
- الْأَلَاةُ الْبَصْرِيَّةُ ص ١٩٨
- الْجَوُّ ص ٢٤٨
- التَّلِسْكَوبَاتُ عَلَى الْأَرْضِ ص ٢٩٧
- الصَّوَارِيخُ ص ٢٩٩
- السَّوَائِلُ (الْأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ) ص ٣٠٠







# السَّوَاتِلُ (الأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ)

تَصَوَّرْ أَنَّ رَقِيًّا يُطَلُّ عَلَى الْأَرْضِ مِنْ عَلٍّ وَيُزَوِّدُنَا بِمَعْلُومَاتٍ عَنِ الطَّقْسِ أَوْ يُحَدِّدُ لَنَا مَنَاطِقَ تَوَاجَدِ الْقُرَارَاتِ الْمَعْدِنِيَّةِ. هَؤُلَاءِ الرُّقَبَاءُ أَصْبَحُوا حَقِيقَةً وَاقِعَةً الْيَوْمَ بِفَضْلِ السَّوَاتِلِ فِي مَدَارَاتِهَا مَعَ الْأَرْضِ أَوْ حَوْلَهَا. وَهَذِهِ السَّوَاتِلُ مُخْتَلِفَةٌ مُتَعَدِّدَةٌ الْأَنْوَاعِ مُصَمَّمَةٌ لِأَدَاءِ مِهْمَاتٍ مُتَبَايِنَةٍ. فَبَعْضُهَا يُوفِّرُ لَنَا التَّوَاصُلَ التَّلْفُونِيَّ الْفَوْرِيَّ، وَبَعْضُهَا الْآخَرُ يُتَبَّحُ لَنَا مُرَاقَبَةَ الْأَحْدَاثِ الْجَارِيَةِ فِي الْعَالَمِ عَلَى شَاشَاتِ أَجْهَزَتِنَا التَّلْفِزِيُونِيَّةِ مُبَاشَرَةً. وَالسَّوَاتِلُ الْمِلَاحِيَّةُ تُسَاعِدُ الشُّفْنَ وَالطَّائِرَاتِ فِي تَحْدِيدِ مَوَاقِعِهَا بِدِقَّةٍ؛ كَمَا يَسْتَخْدِمُ الْفَلَكِيُّونَ سَوَاتِلَ خَاصَّةً لِاسْتِكْشَافِ أَقْصَايِ الْكَوْنِ الْفَسِيحِ. إِنَّ الْمَجَالَ الْفَضَائِيَّ حَوْلَ الْأَرْضِ أَخَذَ يَزْخَرُ بِالسَّوَاتِلِ الْمُتَزَايِدَةِ الدَّائِرَةِ حَوْلَ الْأَرْضِ وَمَعَهَا فِي رِحْلَتِهَا عِبْرَ الْفَضَاءِ.



## إِصْلَاحُ السَّوَاتِلِ

مَاذَا لَوْ طَرَأَ عَطَلٌ مَا عَلَى السَّاتِلِ فِي مَدَارِهِ؟ الْجَوَابُ يَتَلَخَّصُ فِي أَنَّ إِصْلَاحَهُ مُمَكِّنٌ. فَإِذَا كَانَ الْعَطَلُ بَسِيطًا قَامَ الرُّوَادُ بِإِصْلَاحِهِ فِي الْفَضَاءِ. أَمَّا إِذَا كَانَ الْعَطَلُ أَسَاسِيًّا، فَيُعَادُ السَّاتِلُ إِلَى الْأَرْضِ حَيْثُ يُصْلَحُ وَيُعَادُ إِطْلَاقُهُ. فَنِي تَشْرِينَ الثَّانِي (نُوفَمْبَر) عَامَ ١٩٨٤، اسْتَعَادَ طَاقِمُ الْمَكُونِ الْفَضَائِيَّ، دِيَسْكْفَرِي، سَاتِلَ اتِّصَالَاتٍ بُعَادِيَّةٍ وَأَعَادُوهُ إِلَى الْأَرْضِ.



الْمَدَارُ اللَّاتَمَرَكُزِي: السَّاتِلُ الْمُصَمَّمُ لِقِيَاسِ مَجَالِي الْأَرْضِ الْمَغْنَطِيسِيَّ وَالْكَهْرِبَائِيَّ يُسْتَخْدَمُ مِثْلَ هَذَا الْمَدَارِ لِتَسْجِيلِ الْقِيَاسَاتِ عَلَى أَيْعَادٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ الْأَرْضِ.

الْمَدَارُ الْقُطْبِي (الْمَدَارُ حَوْلَ قُطْبَيْ الْأَرْضِ): سَوَاتِلُ رَحْبِ الطَّقْسِ تَدُورُ عَادَةً فِي هَذَا الْمَدَارِ حَيْثُ يُمَكِّنُهَا مَسَاحُ كَامِلِ الْأَرْضِ اثْنَاءَ ثَدْوِيَّهَا حَوْلَ مَحْوَرِهَا.

الْمَدَارُ الْخَفِيفُ: أَيْتَرُ الْمَدَارَاتِ ثَلَاثًا - حَيْثُ يَدُورُ تِلْشُكُوتْ قَبْلَ الْفَضَائِيَّ وَمَحْطَّةُ الْفَضَاءِ الرُّوسِيَّةِ مِيز.

## الْمَدَارَاتِ

يَتَوَقَّفُ مَسَارُ السَّاتِلِ حَوْلَ الْأَرْضِ عَلَى

الْمُهْمَةِ الْمَتَوَاطِفَةِ بِهِ.

فَالْمَدَارُ الْأَرْضِيَّ

الْإِسْتِقْرَارِيَّ، مِثْلًا، يَرْتَفِعُ

٣٥٨٨٠ كَمِ فَوْقَ خَطِّ

الْإِسْتِوَاءِ؛ وَالسَّوَاتِلُ فِي هَذَا

الْمَدَارِ تُكْمِلُ دَوْرَةً وَاحِدَةً حَوْلَ الْأَرْضِ فِي

الزَّمَنَ ذَاتِهِ الَّذِي تُكْمِلُ فِيهِ الْأَرْضُ دَوْرَةَ

وَاحِدَةً حَوْلَ مَحْوَرِهَا. وَهَكَذَا يَظَلُّ السَّاتِلُ مُسْتَقِيمًا فَوْقَ

النَّقْطَةِ ذَاتِهَا عَلَى الْأَرْضِ؛ وَهَذَا ضَرُورِيٌّ لِلْسَّوَاتِلِ

التَّلْفِزِيُونِيَّةِ.

الْمَدَارُ الْأَرْضِيَّ الْإِسْتِقْرَارِيَّ: تَدُورُ فِيهِ سَوَاتِلُ الْإِتِّصَالَاتِ، مِثْلَ غَرِيَسَاتِ وَالسَّاتِلِ الْأَوْرُوبِيِّ أُولِيَّس، مُتَزَامِنَةً مَعَ دَوْرَانِ الْأَرْضِ.

## الْمُسْتَكْشِفُ فَوْقَ

## الْبِتْقَسَجِي الدَّوْلِي

سَاتِلُ فَلَكَئِي أُطْلِقَ عَامَ ١٩٧٨ لِإِدْرَاسَةِ الْإِشْعَاعَاتِ فَوْقَ الْبِتْقَسَجِيَّةِ الْآتِيَةِ مِنَ النُّجُومِ وَالْمَجَرَّاتِ فِي الْفَضَاءِ. وَكَانَ يُتَوَقَّعُ لَهُ أَنْ يَسْتَمِرَّ ثَلَاثَ سَنَوَاتٍ فَقَطْ، لَكِنَّهُ مَا زَالَ دَائِرًا يَعْمَلُ حَتَّى الْيَوْمِ. وَيَسْتَعْرِقُ إِرسَالُ الصُّورَةِ مِنْهُ إِلَى إِحْدَى الْمَحْطَّاتَيْنِ الْأَرْضِيَّتَيْنِ الثَّلَاثَيْنِ ثَرَايِقَانَهُ (الْأُولَى فِي أَمْرِيكََا وَالثَّانِيَةِ فِي إِسْبَانِيَا) ثَمَانِي دَقَاقَتَيْنِ.

## طَبَقُ اسْتِقْبَالِ سَاتِلِي

مَا إِنَّ يَتَلَخَّ السَّاتِلُ الْفَلَكَئِيَّ مَدَارَهُ حَتَّى يَبْدَأَ عَمَلَهُ. فَتَتَعَبَّهِ الْمَحْطَّاتُ الْأَرْضِيَّةُ مُرَاقِبَةً تَحْرُكَاتِهِ وَمُعِيدَةً تَوَجُّهَهُ عِنْدَ الْضَرُورَةِ؛ كَمَا تَسْتَقْبِلُ مِنْهُ الْمَعْلُومَاتِ وَتَعَالِيْجُهَا لِإِطْلَاقِ الْعُلَمَاءِ. وَتُجَمِّعُ الْإِشَارَاتِ الَّتِي يُبْنِئُهَا السَّاتِلُ بِوَسْطَةِ أَطْبَاقِي عَلَى الْأَرْضِ تُشْبِهُ أَطْبَاقَ السَّوَاتِلِ التَّلْفِزِيُونِيَّةِ، لَكِنَّهَا أَكْبَرُ كَثِيرًا.



سَبُوتْنِيك ١ - كُرَّةٌ مِنَ

الْأَلُومِنِيُومِ قَطْرُهَا ٥٨ سَمِ

## سَبُوتْنِيك

وَضَعَتْ رُوسِيَا أَوَّلَ قَمَرٍ صِنَاعِيٍّ فِي مَدَارِ حَوْلِ الْأَرْضِ فِي تَشْرِينَ الْأَوَّلِ (أَكْتُوبَر) عَامَ ١٩٥٧؛ فَاسْتَكْشَفَ جَوَّ الْأَرْضِ بِخِلَالِ فِتْرَةِ دَوْرَانِهِ الْقَصِيرَةِ فِي الْفَضَاءِ. وَلَمْ يَمُضِ شَهْرٌ وَاحِدٌ حَتَّى أُطْلِقَ سَبُوتْنِيك ٢، وَكَانَ عَلَى مَتْنِهِ الْكَلْبَةُ لَايْكََا - أَوَّلُ كَاتِبَةٍ حَيٍّ يَزُورُ الْفَضَاءَ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْإِتِّصَالَاتُ الْبُعَادِيَّةُ ص ١٦٢
- الْإِنْعِكَاسُ ص ١٩٤
- رَحْبُ الطَّقْسِ ص ٢٧٢
- التِّلْسُكُوبَاتُ فِي الْفَضَاءِ ص ٢٩٨
- الصُّوَارِيخُ ص ٢٩٩
- السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ ص ٣٠١



# السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ

تُقامُ المِغْنُومَتَرَاتُ (مقاييس  
شِدَّةِ المَجَالَاتِ المِغْنَطِيسِيَّةِ) على  
عمودٍ طوله ١١م لِتَجَنُّبِ التَّدَاخُلِ مِنْ  
أَجْهَزةِ المَرْكَبَةِ الرَّئِيسِيَّةِ.

## السَّابِرُ غَالِيلِيو

أُطْلِقَ السَّابِرُ الْفَضَائِيُّ غَالِيلِيو عام ١٩٨٩؛  
وقد بَلَغَ المُشْتَرِي بعدَ سِتِّ سَنَوَاتٍ. لَكِنَّ  
الْجُزْءَ الْأَكْبَرَ مِنَ المَرْكَبَةِ - وَهُوَ الْعَرَبَةُ المَدَارِيَّةُ  
- سَيَسْتَعْرِقُ سَتَيْنِ إِضَافِيَتَيْنِ لِيَدُورَ حَوْلَ الكَوْكَبِ  
وَأَقْمَارِهِ الرَّئِيسِيَّةِ. وَسُيُرَبِلُ المَرْكَبَةُ سَابِرًا أَصْغَرَ إِلَى  
جَوْ المُشْتَرِي لِفَحْصِهِ عَنْ قُرْبٍ.

يبدو العاكس الذي قُطِرَ ٥ أمتار  
كالمِظْلَّةِ، وَيُستَخدَمُ لِلاتِّصَالَاتِ.

تُرْسَلُ المَعْلُومَاتُ إِلَى مَخَطَّاتِ التَّتَبُّعِ فِي  
إِسبَانِيَا وَأُسْتْرَالِيَا وَكَالِيفُورْنِيَا،  
بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

هذه الصورة لأوروبا، أحد  
أقمار المُشْتَرِي، كانت من بين  
الصُّوَرِ الَّتِي أَرْسَلَهَا  
فُويَاجيرُ إِلَى الْأَرْضِ. وَقَدْ  
أُظْهِرَتْ تَفَاصِيلُ لَمْ تَشَاهَدْ  
مِنْ قَبْلُ مُطْلَقًا.

## الصُّوَرُ

تُوفِّرُ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ مِنَ  
المَعْلُومَاتِ وَالبَيِّنَاتِ مَا يَقْضِي  
الْعُلَمَاءُ فِي تَحْلِيلِهِ عِدَّةَ سَنَوَاتٍ  
بعدَ انْتِهَاءِ مُهِمَّةِ المَرْكَبَةِ  
الْفَضَائِيَّةِ. لَقَدْ اكْتَشَفَتْ السَّوَابِرُ  
الْفَضَائِيَّةُ أَقْمَارًا لِلْكَوَاكِبِ  
الْمَعْمُورَةِ الْأَرْبَعَةِ جَمِيعُهَا.  
وَيُؤَكِّدُ الْعُلَمَاءُ أَنَّهُ لَا يَرَانُ هُنَاكَ  
أَقْمَارًا أَصْغَرَ لَمَّا تَكْتَشَفُ.

فُويَاجيرُ ١  
قارب زحل في  
نوفمبر عام ١٩٨٠  
يستطيع العلماء  
استخدام جاذبية  
الكواكب لِتَرْجِيحِ  
السَّابِرِ الْفَضَائِيَّ  
نَحْوَ هَدْفِهِ.

فُويَاجيرُ ٢  
قارب زحل في  
أغسطس عام ١٩٨١

فُويَاجيرُ ٢  
قارب أورانوس  
في يناير عام ١٩٨٦

فُويَاجيرُ ٢  
قارب نبتون  
في أغسطس  
عام ١٩٨٩

يُوجَدُ عَشْرَةُ أَجْهَزةٍ عِلْمِيَّةٍ  
على مَتْنِ الْعَرَبَةِ المَدَارِيَّةِ  
وَسِتَّةٍ أُخْرَى عَلَى السَّابِرِ.

السَّابِرُ الْجَوِّي سَيُستَخدَمُ بِأَرَاشُوتَا  
لِلهُبُوطِ عَظْرَ غَيُومِ المُشْتَرِي بَظْطٍ.

تَحْمِلُ المِظْطَةُ مَنْظُومَةُ  
الْكَامِيرَاتِ الَّتِي يُتَوَقَّعُ  
أَنْ تَتَبَعَ أَوْضَعَ  
صُورٍ شَوْهَدَتْ  
لِلْمُشْتَرِي حَتَّى جَنِينِهِ.

تَزِنُ عَرَبَةُ غَالِيلِيو المَدَارِيَّةُ  
٢٢٢٢ كِغْ؛ يُولَفُ الْوَقُودُ  
حِوَالَى نِصْفِ هَذَا الْوِزْنِ.

سَيَجْرِي غَالِيلِيو تَجَارِبَ لَاحِظَةٍ مِنْ  
١٠٠ عَالِمٍ فِي سِتَّةِ بُلْدَانٍ مُخْتَلِفَةٍ.

## سَابِرَا فُويَاجيرُ

أُطْلِقَ السَّابِرَانِ الْفَضَائِيَّانِ التَّوَامَانِ فُويَاجيرُ ١ وَ ٢ عام ١٩٧٧ فِي مُهِمَّةٍ  
مُحَدَّدَةٍ هِيَ اسْتِكْشَافُ الْمَزِيدِ عَنْ طَبِيعَةِ الْكَوَاكِبِ الْعِمْلَاقَةِ الْغَازِيَّةِ الْأَرْبَعَةِ.  
وَقَدْ مَرَّ كِلَاهُمَا عَلَى مَقْرَبَةٍ مِنْ  
المُشْتَرِي وَزَحَلٍ،  
ثُمَّ تَابَعَ  
فُويَاجيرُ ٢ رِحْلَتَهُ مُتَفَرِّدًا  
نَحْوَ أَوْرَانُوسِ وَنَبْطُونِ.  
وَكَانَ عَلَى مَتْنِ كُلِّ  
مِنْهُمَا ١١ جِهَازًا، مِنْ  
بَيْنِهَا كَامِيرَاتَانِ تَلْفِزِيَوِيَتَانِ.

فُويَاجيرُ ١، قارب المُشْتَرِي فِي  
مارس عام ١٩٧٩؛ وَفُويَاجيرُ  
٢، قاربِهِ فِي يُولْيُو عام ١٩٧٩.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ أَنْظُرْ

الرُّبُوبَاتُ ص ١٧٦  
النُّظَامُ الشَّمْسِيُّ ص ٢٨٣  
الشَّمْسُ ص ٢٨٤  
التَّلِيسْكُوبَاتُ عَلَى الْأَرْضِ ص ٢٩٧  
التَّلِيسْكُوبَاتُ فِي الْفَضَاءِ ص ٢٩٨  
السَّوَابِرُ (الْأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ) ص ٣٠٠

تُتَابَعُ الْعَرَبَةُ المَدَارِيَّةُ  
مَسَارَهَا حَوْلَ الكَوْكَبِ.

تُطْبَقُ الْبَارَاشُوتُ  
سَقُوطَ عَرَبَةِ  
الهُبُوطِ.

عَرَبَةُ الْهُبُوطِ  
تَتَخَرَّجُ مِنْ  
الْبَارَاشُوتِ.

عَرَبَةُ الْهُبُوطِ تَخُطُّ  
عَلَى سَطْحِ الْمَرْيَخِ

عَرَبَةُ فَايَكِنَغِ المَدَارِيَّةُ  
وعَرَبَةُ الْهُبُوطِ تَتَفَصِّلَانِ.

## سَابِرَا فَايَكِنَغُ

تَسْتَطِيعُ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ الدُّورَانَ حَوْلَ الكَوْكَبِ،  
كَمَا تَسْتَطِيعُ إِزْأَالَ عَرَبَةِ هُبُوطٍ عَلَى سَطْحِهِ.  
فِي خِلَالِ السَّنِيَّاتِ وَالسَّبْعِيَّاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعَشْرِينَ  
أُطْلِقَ الْأَمْرِيكِيُّونَ وَالرُّوسُ، كِلَاهُمَا، سَوَابِرَ  
فَضَائِيَّةً دَارَتْ حَوْلَ الْمَرْيَخِ وَحَطَّتْ عَلَيْهِ. وَقَدْ  
وَضَعَ السَّابِرَانِ فَايَكِنَغُ ١ وَ ٢ بَنَاجَاحَ عَرَبَتِي  
هُبُوطٍ عَلَى الْمَرْيَخِ فِي شَهْرَي تَمُوزٍ وَأَبْلُولِ مِنْ  
عَام ١٩٧٦. فَأَرْسَلْنَا كِلَاهُمَا إِلَى الْأَرْضِ مَا  
مَجْمُوعُهُ حِوَالَى ٣٠٠٠ صُورَةٍ. وَقَدْ أَجْرَتَا  
تَحَالِيلَ لِبُرْيَةِ الْمَرْيَخِ وَسَجَّلْنَا قِيَاسَاتٍ لِأَحْوَالِهِ  
الْجَوِّيَّةِ - كَمَا تَقْضُنَا اخْتِيَارًا إِمْكَانِيَّةً وَجُودِ  
الْحَيَاةِ عَلَيْهِ.

## الزِّيَارَاتُ السَّابِرِيَّةُ

١٩٥٩ لونا ٢٢، أَوَّلُ سَابِرٍ يَنْجَحُ فِي  
الْوَصُولِ إِلَى الْقَمَرِ.  
١٩٦٢ مَارِينر ٤، أَوَّلُ سَابِرٍ كَوْكَبِي  
نَاجِحٍ يَمُرُّ قُرْبَ الزُّهُرَةِ.  
١٩٦٩ أِبُولُو ١١، أَوَّلُ سَابِرٍ يَعُودُ  
بَعِيَّاتٍ مِنَ صَخُورِ الْقَمَرِ إِلَى الْأَرْضِ.  
١٩٧٣ إِبْطَاقُ مَارِينر ١٠، أَوَّلُ سَابِرٍ  
يَزُورُ كَوْكَبَيْنِ - الزُّهُرَةَ وَعُطَارِدَ.  
١٩٧٦ السَّابِرَانِ فَايَكِنَغُ ١ وَ ٢  
يَهْبِطَانِ عَلَى الْمَرْيَخِ.  
١٩٧٧ أُرْسِلَ فُويَاجيرُ ١ وَ ٢ إِلَى  
المُشْتَرِي وَزَحَلٍ وَأَوْرَانُوسِ وَنَبْطُونِ.  
١٩٨٥ أُرْسِلَ خَمْسَةُ سَوَابِرٍ لِاسْتِكْشَافِ  
المُذْتَبِّبِ هَالِي.  
١٩٩٠ إِبْطَاقُ السَّابِرِ بُولِيسِيَرُ لِيَمُرَّ فَوْقَ  
قُطْبِي الشَّمْسِ.  
١٩٩٥ السَّابِرُ غَالِيلِيو اتَّخَذَ مَدَارًا حَوْلَ  
المُشْتَرِي.



# الإنسان في الفضاء

كان السَّفرُ عَبْرَ الفضاءِ حُلْمَ الإنسانِ على مَدَى قُرُونٍ خَلَّتْ، ولم يُصْبِحْ هذا الحُلْمُ واقعًا إلَّا عامَ ١٩٦١ عندما أُنْظِلَقَ رائدُ الفضاءِ الروسيُّ، يوري غاغارين، إلى الفضاءِ ودارَ حَوْلَ الأرضِ. وتوالى مُنْذُئذٍ انْطِلاقُ العديدِ من الرجالِ والنساءِ إلى الفضاءِ بعضهم يقضي فيه بضعةَ أيامٍ وبعضهم يبقى عدَّةَ شهورٍ في كُلِّ مَرَّةٍ. لكنَّ يَظُلُّ الفضاءُ بيئَةً عِدائِيَّةً خَطِرَةً يَحْتَاجُ فيها الإنسانُ إلى بَرَّةٍ فضائيَّةٍ لِحِمَايَتِهِ ولِتَوْفِيرِ الهَوَاءِ لِتَنَفُّسِهِ. وإذا قُدِّرَ لِلإنسانِ أَنْ يَعِيشَ وَيَعْمَلَ في الفضاءِ طويلاً وأن يَهْبِطَ على المَرِّخِ في القُرْنِ الحادي والعشرين فينبغي لَنَا تَعَرُّفُ كُلِّ ما نَسْتَطِيعُهُ عن الآثارِ التي تُخَلِّفُهَا أَسْفَارُ الفضاءِ الطويلةِ الأَجَلِ.



## التدرب على الرِّحلاتِ الفضائيَّةِ

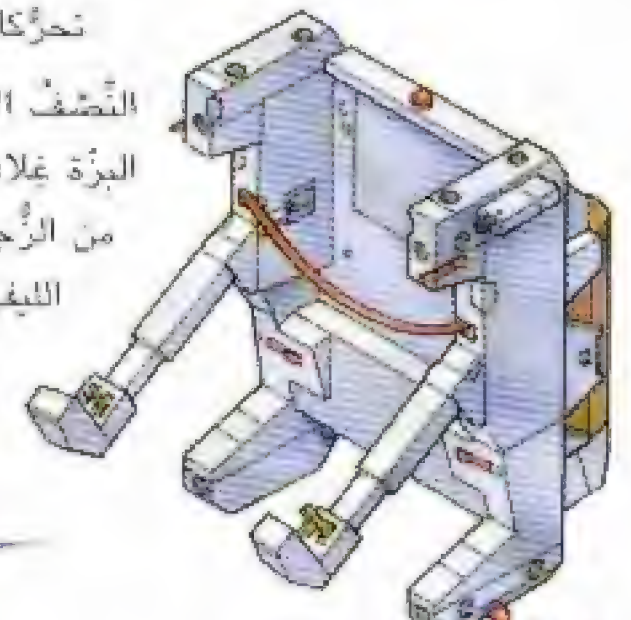
يُفْتَرَضُ في رائدِ الفضاءِ أَنْ يَتَمَتَّعَ بلياقةٍ بدنيَّةٍ وعقليَّةٍ عاليةٍ. ويقومُ الرُّوَّادُ بتدريباتٍ قاسيةٍ وطويلةٍ جدًّا في ظروفٍ واحوالٍ تُشَبِّهُ مِثْلَها في الفضاءِ. فهُمُ قد يُجرون التَّدريباتِ، مثلاً، في بَرَكٍ مِباحةٍ كبيرةٍ لِيَسْتَشْعِرُوا وَيَعْتَادُوا حالةَ انعدامِ الوَظَنِ. كما يَرْتَدِي الرائدُ بَرَّةً خاصَّةً ويتدربُ على المُهمَّةِ التي سيقومُ بها في الفضاءِ.

فوقَ الخُوذةِ أضواءٌ تُمَكِّنُ  
الرائدَ من الرُّؤيةِ جيِّداً

تحت الخُوذةِ قُلُوبُوتٌ تحوي سِمْعانيَّ  
رأسٍ ومِكروفوناتٍ لِلاتِّصالِ  
بِالأرضِ وبِالرُّوَّادِ في  
المركبةِ.

على كَتِفِ الرائدِ كاميرا  
تلتقطُ الصُّورَ خلالَ  
تحركاتِهِ.

التَّصَفُّفُ الأعلى من  
البَرَّةِ غِلافٌ صُلْبٌ  
من الرُّجَّاجِ  
الليفِّيِّ.



## وَخْدَةُ مُناوَرَةٍ مَأهولةٍ

هذه الوخْدَةُ خَلِيقَةٌ من جَمِيعِ ظَهيريَّةٍ ومُكرَّسيٍّ. وهي تُعْمَلُ بِالشُّرُوجِينَ ويُمكنُ إعادةَ شَحْنِها من المركبةِ الفضائيَّةِ. يَتَحَكَّمُ الرائدُ بِوَخْدَةِ المُناوَرَةِ هذه من مِسْتَدَيِّ الذِّراعَينِ، وكانَ الرائدُ الأمريكيُّ، بروس ماكاندليس أوَّلَ من اسْتَخْدَمَها في شَباطِ (فبراير) عامِ ١٩٨٤.

يرتدي رائدُ الفضاءِ كِساءً تحميَّاً  
مُجهَّزاً بِإِنايِبِ تبريدٍ مائيَّةٍ.



## سالي رَايد

كانَ الرُّوَّادُ الأمريكيُّونَ  
كُلُّهُمُ من الذَّكَورِ حتَّى  
عامِ ١٩٨٣. وعندَ  
اسْتِجدائِ برنامجِ  
المُكَّوَلِ الفضائيِّ في

السَّبعينيَّاتِ من القرنِ العشرينِ،  
سُمِّحَ لِكُلِّ الرجالِ والنساءِ التَّقدُّمُ  
بِطَلِباتِ الانْتِسابِ كَرُّوَّادِ فضاءٍ. وفي العامِ  
١٩٨٣، أصبحتِ سالي رَايدُ (المولودة عامِ  
١٩٥١) أوَّلَ امرأةٍ أمريكيَّةٍ تَرْتادُ الفضاءَ. وهنالكَ  
حالِيًّا العديدُ من رائداتِ الفضاءِ الأخرياتِ.

## المرأة في الفضاء

هيمنتِ الولاياتُ المُتَّحدةُ وما كانَ يُدعى  
الاتِّحادُ السوفيَّاتيَّ على مُختلفِ أنْشِطَةِ رِيادةِ  
الفضاءِ جِلالَ العَقْدَينِ الأوَّليْنِ من عَصرِ  
اسْتِكشافِ الفضاءِ. ففي العامِ ١٩٦٣،  
أصبحتِ رائدةُ الفضاءِ الرُّوسِيَّةُ، فالْتِيْنا  
تيرشكوفا، أوَّلَ امرأةٍ تُنْطَلِقُ إلى الفضاءِ.

## الرَّيِّ الفضائيُّ

كانَ الرُّوَّادُ الأوائلُ يَرتَدونَ بَرَّةً فضائيَّةً  
واحدةً لِلرَّحَلَةِ. أمَّا اليومُ، فهُمُ يَرتَدونَ  
مِلابِسَ تُخَلِّفُ بِاختِلَافٍ ما يقومونَ به من  
مُهمَّاتٍ. فهناك بَرَّةٌ لِلسَّفرِ ذهاباً وإياباً إلى  
الفضاءِ، ومِلابِسُ عادِيَّةٌ مُصمَّمةٌ خِصيصاً  
لِلارتداءِ داخلِ المركبةِ الفضائيَّةِ، وهي في  
مَدَارِها. وإذا اضْطُرَّ الرائدُ لِلعَمَلِ خارجَ  
مركبتهِ فهو يَرتَدِي بَرَّةً تُدعى وَخْدَةُ الحَرَكَةِ  
خارجَ المركبةِ، يُحْرَمُ فوقَها وَخْدَةُ مُناوَرَةٍ  
مَأهولةٌ تُمكنُهُ من التَّحَرُّكِ بِالدَّفْعِ النافوِريِّ  
حَوْلَ مَرَكِبَتِهِ.

تُتَنَفَّسُ البَرَّاتُ الفضائيَّةُ وتُخَفَّفُ بعدَ  
العودةِ إلى الأرضِ لِتَكونَ جاهِزةً لِرَحلَةٍ  
أُخَرى. ويُفْتَرَضُ بِقاءُ البَرَّةِ صالِحَةً  
لِلاستِخدامِ حِوالى ٨ سنواتٍ.

في ٢٠ تموز (يوليو) عامِ  
١٩٦٩، أصبحَ نيل  
أرمسترونغُ أوَّلَ إنسانٍ  
تَطَأَ قَدَمَهُ سَطحَ القَمَرِ؛  
تَمَّ لِحَقِّ بِهِ زَميلُهُ نِزْ  
أَلدَريِن بعدَ ١٩ دَقيقَةً.

تُوقَّرُ البَرَّاتُ  
الفضائيَّةُ أَكْسيجِنيَّا  
نَقِيًّا ١٠٠٪ لِلتَّنَفُّسِ.

تحت البَرَّةِ نَبيطَةٌ لِتَجمِيعِ البَوْلِ،  
تُفَرَّغُ عندَ الرَجوعِ إلى المركبةِ.

## البعثاتُ القَمَريَّةُ

أَوَّجَرَ الخَمِسيَّاتِ من القرنِ العشرينِ، كانَ التَّنافُّسُ شَدِيداً  
لِلسَّيطرةِ على الفضاءِ بِإِرسالِ بَشَرٍ إِلَيْهِ - فَكانتِ بَدايَةُ عَصرِ  
الفضاءِ. في العامِ ١٩٦١، تَعَهَّدَ الأمريكيُّونَ بِانْزالِ إنسانٍ على  
سَطحِ القَمَرِ بِنهايةِ العَقْدِ، وهكَذا كانَ. ففي العامِ ١٩٦٩، أصبحَ  
نيل أرمسترونغُ أوَّلَ رَجُلٍ يَمشي على سَطحِ القَمَرِ. وَبَينَ ١٩٦٩  
و ١٩٧٢، كانتِ الحَرَكَةُ ناشِطَةً إلى القَمَرِ ومِنه، وقد قَضَى  
الرُّوَّادُ جِلالَ تلكِ الفَترَةِ ما يُقاربُ ٨٠ ساعَةً على سَطحِهِ.





## العيش في الفضاء

تغيّر السّفَرُ عَنّ الفضاء اليَوْمَ عَنْهُ أيام يُوري غاغارين - فعدا الرّوَّاد، والعربة الفضائيّة في مدارها، يرتدون ثياباً عاديّة ويأكلون وجباتهم المُفضّلة. وهم في غير أوقات العمل، يسترخون لِسَماع الموسيقى المُسجّلة أو لقراءة كتابٍ مُختار؛ أو يقومون «بالأعمال المنزليّة» مُداوِرة. غير أنّ كلّ ذلك يتمّ في حالة انعدام الوزن؛ وفي هذه الحالة تتخادّل العظام والعضلات (لذا يتوجّب على الرّوَّاد ممارسة تمارينهم الرياضيّة يوميّاً). وقد لوحظَ زوالُ تأثيرات انعدام الوزن على الجسم البشريّ بعد عودَةِ الرّوَّاد إلى الأرض؛ لكنّ العلماء ما زالوا يَربّون تلك التأثيرات كلّما قضى الرّوَّاد فتراتٍ أطول فأطول في الفضاء.



**مُراقبة الرّوَّاد**  
في آذار (مارس) عام ١٩٩٢، عاد رائد الفضاء الرّوسيّ سيرجي كريكاليف إلى الأرض بعد أن قضى ٣١٣ يوماً في الفضاء؛ وقد أخضع لفحص طبيّ دقيق فور عودته. والمعلوم أنّ الرائد قد يُعاني تباطؤاً في نبضات القلب ودواراً خلال رحلته الفضائيّة.

سيرجي كريكاليف

يرتشف الرّوَّاد السّوائل بقشّات الشّرب، لكنهم يتناولون الوجبات الخفيفة كالشوكولاتة والمكسّرات بطريقة عاديّة. وتُستحقّ وجباتهم في قرنٍ قبل وضعها في صواني خاصّة تمنع طَفْوِها أثناء الأكل.

مع حركة الدوران المُستمرّ في الفضاء، قد يُجسّ رائد الفضاء بالغيّثان والدّوار.



فمعظم الأغذية مُتروكة الماء - فما عدا الرائد سيوى إضافة بعض الماء قبل الأكل. وبعض المأكولات الأخرى

تُحفظ في غلّبٍ من الصّفيح أو في أكياس لدائنيّة كما هي الحال على الأرض. أمّا الطعَام الطارِج فقد يُتاج فقط في بداية الرّحلة.

## المَكوك الفضائي

كان الرّوَّاد الأوائل يُرسلون إلى الفضاء داخل كبسولات صغيرة تُوضع في مُقدّمة الصواريخ، ثمّ يعودون بها إلى الأرض غطّاً في البحر. فكانت تلك البعثات الفضائيّة باهظة التكلفة إذ لا يُمكن استِخدام الصاروخ إلّا مرّة واحدة. أمّا اليوم فيرتاد الرّوَّاد الأمريكيّون الفضاء بواسطة المَكوك الفضائيّ، الذي يُمكن إعادة استخدام أجزائه الرئيسيّة - كالعربة المداريّة الفضائيّة والصواريخ المُعزّزة. وتعود العربة المداريّة كالطائرة إلى الأرض، ويُمكن استِخدامها تَكَرّاراً.



بعد الهبوط، تُجهّز العربة بخزّانات وقود جديدة إعداداً للإطلاق التالي.

تُوقّف العربة المداريّة بمَنظومتها من المكابح.

تنساب العربة المداريّة (دون أعمال مُحركاتها) مُنحورة نحو الأرض، وتخطّ على مَدْرَج كطائرة عاديّة.



تتركّ العربة المداريّة مدارها بالذّيل أوّلاً.

## مُهمّات المَكوك الفضائي

المَكوك الفضائيّ مُتعدّد الاستِعمالات؛ فيُمكن استِخدامه في إطلاق السّواتل وحيّاتها أو إعادتها إلى الأرض. كذلك يُمكن استِخدام المَكوك كمُختبر فضائيّ، أو في نقل قطع المَحطّات الفضائيّة لِسَمّ تركيبتها في الفضاء. وتُسغرق البعثّة المَكوكيّة حوالي سبعة أيام؛ وقد يبلغ طاقمها من الرّوَّاد ثمانية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبيّة ص ١٢٢
- النّظام الشّمسيّ ص ٢٨٣
- الصواريخ ص ٢٩٩
- السّواتل (الأقمار الصناعيّة) ص ٣٠٠
- السّوابر الفضائيّة ص ٣٠١
- المَحطّات الفضائيّة ص ٣٠٤



# المحطات الفضائية

لم تعد الرحلات الفضائية تقتصر على إقامة عابرة، فباستطاعة رواد الفضاء اليوم المكوث في محطة فضائية، تدور حول الأرض كساتل كبير، مؤهلة لعيش الرواد والعمل على متنها، كبيت ومكتب، لفترة تمتد أسابيع وشهوراً. وستستخدم المحطات الفضائية مستقبلاً كفندق يعرج عليه الرواد قبل متابعة سفرهم عبر النظام الشمسي أو قبل العودة منه إلى الأرض. وهي أيضاً مهمة إذ يمكن، على متنها، إجراء التجارب في ظروف الجاذبية الصغرى (شبه انعدام الوزن) بإشراف علماء لا مكنات - كما يستطيع الرواد إجراء التجارب على أنفسهم لاختبار سبل ومدى اصطلاح الجسم البشري بأعباء العيش في الفضاء.



## المختبر الفضائي (سكاى لاب)

طلبت المحطة الفضائية الأمريكية الأولى «سكاى لاب» على مدى خمس سنوات (١٩٧٣-١٩٧٨) نزلًا للرواد الزائرين. وهي باتساعها، كبيت متوسط الحجم، وفرت للرواد بيئة وظروف عمل مريحة للمرة الأولى في الفضاء.

يُحافظ الرواد على

لياقتهم البدنية باستخدام

المعدات الرياضية على متن المحطة،

ويأخذون قسطهم من الراحة في

أكياس نوم مثبتة بالجدران.

هذه الرقعة

تُنقل المواد بين

مير والأرض.



ماتورات شمسية  
تُمدّ المحطة بالطاقة.

يُدخل الرواد إلى المحطة  
ويخرجون منها عبر دعامات  
هوائية في حجرة الإلتحام.

هناك بيئة مثالية الإلتحام في

المحطة مير؛ وهي تركيبات يُمكن

اللتحام الرقعات (الوحدات)

بها لاحقاً.

الرقعة

الرئيسية  
مُسكن الرواد.

من هذه الرقعة يتم  
الرصد الفلكي.

تُدقّ المحطة إلى درجة حرارة  
٢٠°س، ويُمكن تعديلها؛ كما يُكفّ  
جوّ المحطة ليماثل جوّ الأرض.

ستعيش الطواقم وتعمل في المحطة  
الحرية (فريدم) عدداً تتراوح بين  
ثلاثة وستة أشهر في كل مرة.

محطات خاصة ستُرسل مناوراً  
للأرض للتنبؤ عن أحوال الطقس.

الماء المُستخدَم على متن  
المحطة سيُعاد تدويره  
للاستخدام ثانية.

الماتورات الشمسية ستُجمَع  
ضوء الشمس ليُصار  
تحويله إلى طاقة  
كهربائية.

## الحرية (فريدم)

تُحفظ الولايات المتحدة لإطلاق

محطة فضائية تُدعى فريدم؛ على

أن يُنقل المكوّن الفضائي وقطعها إلى

الفضاء بقطعة قطعة، ثم يقوم الرواد  
بتجميعها. وستكون المحطة المُجمعة أطول من ملعب  
كرة القدم، وستولى شؤنها طاقم دائم من ستة رواد.

على علو ٤٨٠ كم،  
ستدور المحطة  
الفضائية فريدم  
مرة حول الأرض  
كل ٩٠ دقيقة.



## التجارب

علماء الكيمياء والبيولوجية والفيزياء  
سيفيدون من وجود مختبر لهم في الفضاء  
يتمكنون فيه من إجراء التجارب في  
ظروف الجاذبية الصغرى حيث يُمكنهم  
معالجة بعض المواد (كالمعاقير أو  
المُؤومات الكهربائية) وإنتاجها بمستوى  
من النقا لا يتوفّر على الأرض.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبية ص ١٢٢
- السّواتل (الأقمار الصناعية) ص ٣٠٠
- السّوابر الفضائية ص ٣٠١
- الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢

**المحطات الفضائية**  
١٩٧١ أُطلقت ساليوت، أوّل محطة  
فضائية روسية.  
١٩٧٣ أُطلقت سكاى لاب، أوّل محطة  
فضائية أمريكية.  
١٩٨٠ سكاى لاب تعود إلى جوّ الأرض  
وتندثر.  
١٩٨٣ أُطلق سبيس لاب، أوّل مختبر  
فضائي مُصنّف لهدف مُعين.  
١٩٨٦ أُطلقت مير، أكبر محطة فضائية،  
من بيكونور، في روسيا.  
١٩٨٧ رائد الفضاء الروسي يوري  
رومانكو يعود من مير إلى الأرض بعد  
سحبته ومما قايماً للمكوث في الفضاء:  
٣٢٦ يوماً.  
صورة لشواطئ شمسي التقطت من المحطة  
الفضائية سكاى لاب.



# الكائنات الحيّة

الكائنات الحيّة حواليك في كُلِّ مكانٍ تقريبًا. ففتاتةُ خُبْزٍ قد تَحْمِلُ قُطْرًا دقيقًا؛ ومِلْعَقَةٌ من ماءِ النهر قد تُؤوي أشكالًا مُتعدّدةً من الأحياء المِجْهَرِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ. تَنْتَشِرُ الكائناتُ الحيّةُ عِبرَ مناطقٍ شاسعةٍ من اليابسة وفي المحيطاتِ بينها. حتّى في أشدِّ الأصقاع قَسْوَةً، كالصّحارى الجافّة اللاهبة أو قِمَمِ الجبال القارسة المُتجمّدة، توجدُ بعضُ أشكالِ الحياة وتُتكاثر. عِلْمُ الأحياء (البيولوجية) هو عِلْمُ الكائناتِ الحيّة، نباتاتٍ وحيواناتٍ - المِجْهَرِيَّةِ مِنْهَا والفائقِ الحَجْمِ الأَضْحَمِ مِنَّا بكَثِيرٍ. يَدْرُسُ البيولوجيون الكائناتِ الحيّةَ لِيَكْتَشِفُوا كيفَ تعملُ وكيفَ ترتابُطُ معًا في نمطِ الحياة المُعَقَّدِ على الأرض.

بكتيريا (جراثيم)



فطر



سرخس



خنافس

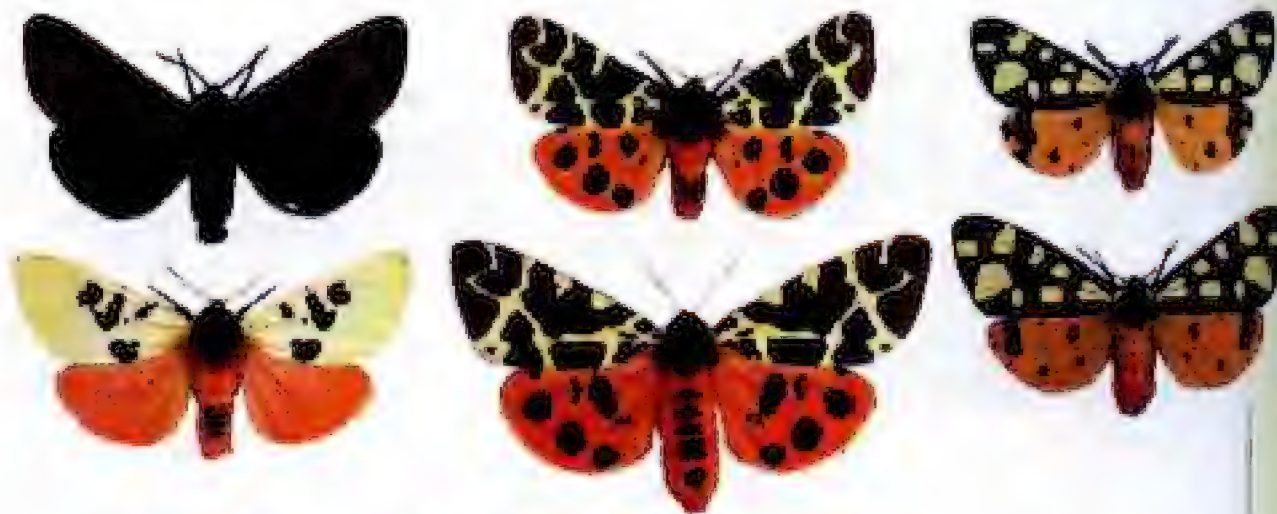


ضفدع



## المتعضيات والأنواع

في مُصْطَلَحِ البيولوجيين، المتعضي هو أي شيء حيّ. فالجراثيمُ والبُتّةُ والخشرةُ، كما الكائنُ البشريُّ، كُلُّها متعضيات. والنوعُ مُصْطَلَحٌ آخَرٌ يَسْتَعْمَلُ عادةً في عِلْمِ الأحياء - بمعنى مجموعةٍ من المتعضيات تستطيعُ التوالّد فيما بينها كالأُسود أو النعام. فالمتعضيات الواردة أعلاه تنتمي إلى أنواعٍ مُختلفةٍ، كُلٌّ منها يستطيعُ التوالّد (التناسل) مع أفرادٍ من نوعه فقط، وليس مع أفرادٍ أي نوعٍ آخَر. والمتعضيات تعيشُ في الغالب مُنفصلةً، لكن أحيانًا يعيشُ أفرادُ النوع الواحد وُثَيبي الترابُط معًا في مُستعمرة (كجماعةٍ كبيرة).



بشارك (فراشات ليلية) من الفصيلة اركتيوي

## كيف يعملُ علماء الأحياء؟

خلال القرن التاسع عشر، كان العلماء غالبًا يدرسون الحيوانات بعد قتلها وتجميعها. فالفراشات أعلاه هي جزءٌ من مجموعةٍ نموذجيةٍ في مُتحفٍ تحوي آلاف العُيُنات. إنّ تجميع الكائنات الحيّة قد يُوفّر معلومات مُفيدة، لكنّه يُلحقُ ضررًا بالغًا بالأنواع النادرة. وحيث إنّ علماء الأحياء حاليًا، هم أكثرُ إدراكًا لضرورة حماية البيئة، فهم يُفضّلون وقتًا أطول في دراسة الحيوانات في مواطنها الطبيعية فيتعرّفون الحيوان دون إبدائه أو تغيير سلوكه الطبيعي.



## استكشاف الطبيعة

كان العالمُ الطبيعيُّ الإنكليزيُّ، هنري بيثس (١٨٢٥-١٨٩٢)، من أوائل العلماء الأوروبيين الذين تقصّوا الحياة البرية في غابات الأمازون المطيرة في أمريكا الجنوبيّة. وقد جَمَعَ الكثير من الأنواع الجديدة ودرّس سبلَ تَافُيْها للبقاء. ولا يزال العلماء اليوم يكتشفون أنواعًا جديدة. لكن في الوقت نفسه، هناك أنواعٌ عديدةٌ آخذةٌ بالانقراض، بسبب ما يُلحقه الإنسانُ مِن ضررٍ بالبيئة الطبيعية.



## الحياة الخفيّة

مع أنّ هذه البُتّة تبدو عديمة الحياة، فهي في الواقع حيّة تنمو وتُتكاثر. فالصّخيرةُ الحيّة (ليثوس أوكامي) كما تُسمّى هذه البُتّة، تنمو في المناطق الجافّة من إفريقيا الجنوبيّة، وهي تبقى مُستَرسّة مُؤهّمة مُعظم أيام السنة؛ لكنّها في موسمِ التكاثر تُنبِت أزهارًا، زاهية اللون، تجذب الحشرات لِتَقْلُ غبارَ الطلّع من بُتّةٍ إلى أخرى. وبعد التلقيح تُنتج البُتّة بَرورًا.

## فريدريخ وُهلر

جَمَعَ الكائنات الحيّة

تحتوي مُركّبات كاربونيّة.

وقد ظلَّ مُعظم العلماء حتّى

القرن التاسع عشر يعتقدون أنّ

المُركّبات الكربونيّة في الكائنات

الحيّة مُختلفةٌ عُضُويًا عن تلك

اللاعضويّة المُتواجدة في الكائنات غير

الحيّة. لكن في عام ١٨٢٨، دَخَضَ

الكيميائيُّ الألمانيُّ، فريدريخ وُهلر (١٨٠٠-١٨٨٢)،

هذه الفكرة التي كانت تُعرَف بالفاعليّة الحيويّة،

عندما حَضَرَ اليُوربَا، المُركّب الكربونيّ البوليّ في

الحيوان، من مُركّب يتواجد فقط في المادّة

اللاعضويّة (غير الحيّة).



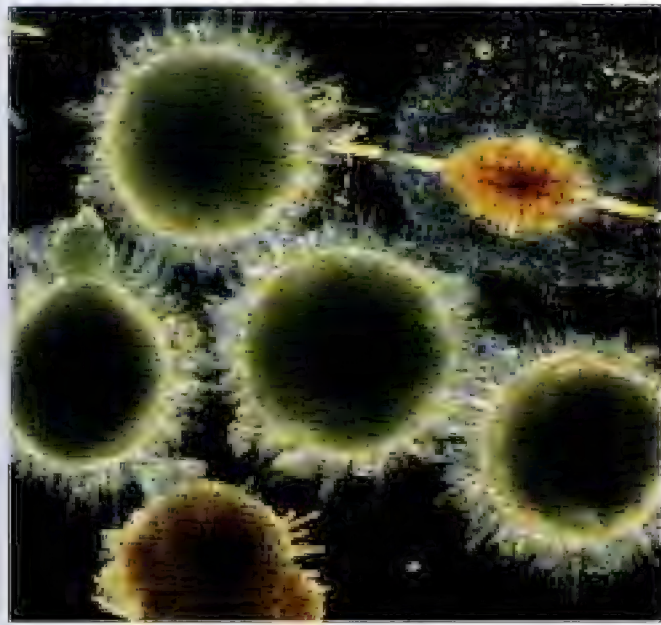


# من خصائص الحياة



## الحياة النباتية

النباتات مُستقرّة في مواقعها، لكنّها حيّة كسائر الكائنات الحية. فشجرة البلوط، مثلاً، تستمدّ الطاقة من ضوء الشمس، وتُخلّق بها غذاءً تستخدمه في النمو والتكاثر. ومع أنّ الشجرة عديمة أعضاء الحسّ الخاصة، فإنّها قادرة على استجابة الضوء والاستجابة له.



## الحياة العوالية

معظم أشكال الحياة أصغر حجماً من البشر بكثير. هذه المتعضيات العوالية الدقيقة تتجرف مع التيارات في غرض البحر. ورغم أنّ المتعضي الواحد منها بالغ الصغر وضآلة الوزن فإنّ ورتها مُجمّعة يُقدّر بملايين الأطنان.

## مكثّة عديمة الحياة

تتصرّف الروبوتات أحياناً كأنّها حيّة، لكنّها في الواقع مكثّات مُعلّدة لا حياة فيها. صحيح أنها تستطيع استخدام الطاقة للتحرك، لكنّ الروبوت لا يستطيع الحصول على تلك الطاقة ذاتياً - بل يعتمد على الإنسان لتوفيرها له. كذلك فإنّ الروبوت لا ينمو ولا يتوالد؛ وهو، بدون صيانة مُنظمة، مائل إلى الهدم والتفكك.



شكل

الروبوت

ثابت - لا

ينمو ولا

يتطور دون

عمل

الإنسان.

## لمزيد من المعلومات انظر

التخليق الضوئي ص ٣٤٠

الغذاء ص ٣٤٢

التنفس الخلوي ص ٣٤٦

البيئة الباطنية في الأحياء ص ٣٥٠

النمو وقواجه ص ٣٦٢

التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦

التناسل الجنسي ص ٣٦٧

التفاعلات الكيميائية داخل جسد الفأرة توفر لها طاقة التحرك والدفع.

تستخدم هفاز الفئران طاقة الطعام ومغذياته لتُنتج.

أثناء التنفس، تأخذ الفأرة الأكسجين وتُفرّج ثاني أكسيد الكربون كمادة فضلاتية.

تستخدم الفأرة الأنثى طاقة الطعام ومغذياته (المواد الأولية) لإنتاج اللبن لصغارها.

## خصائص الحياة

المهمة اليومية المُليحة لدى هذه الفئران هي إيجاد الغذاء لتزويد أجسادها بالطاقة. وهي تستخدم حواسها لتقصي ما يمكنها أكله ولإجتناب الخطر. يتأكسد الطعام في خلايا جسد الفأرة فتُحصّل على الطاقة. وينتج ثاني أكسيد الكربون كمُنتج فضلاتي. وتفيد الفأرة من المغذيات في الطعام لبناء خلايا وأجزاء جسدية جديدة. وفي غضون ستة أسابيع من ولادتها تبلغ الفأرة مرحلة النضج والتكاثر.

## نظام من الشواش

يرتخي نابض الدمية تدريجياً، فينبغي إعادة شدة بتدوير مفتاحه. وقد تُصدأ الدمية أو تنكسر بعد بضعة سنوات. فهذا من طبيعة الكائنات اللاحية. أمّا الكائنات الحية فتعمل بطريقة مختلفة - فهي تأخذ الطاقة وتستخدمها في بناء بنى معيّنة كـالخلايا والمخار. وهذه القدرة على خلق نظام معيّن من شواش خاصّة فريدة تميّز بها الكائنات الحية، وهي تفقدتها طبعاً بالموت.

هذه الصدفة كانت بيتاً لثوتي صدقي - وهو خيوان بحري من الرخويات. فمع نمو الحيوان تتنامى محارته أيضاً بإفرازه الكالسيوم؛ وهذا يتبلور تدريجياً لتكوين صدفة جديدة.

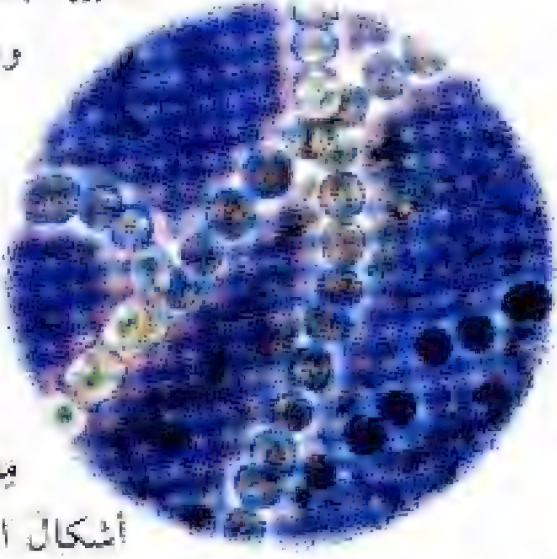




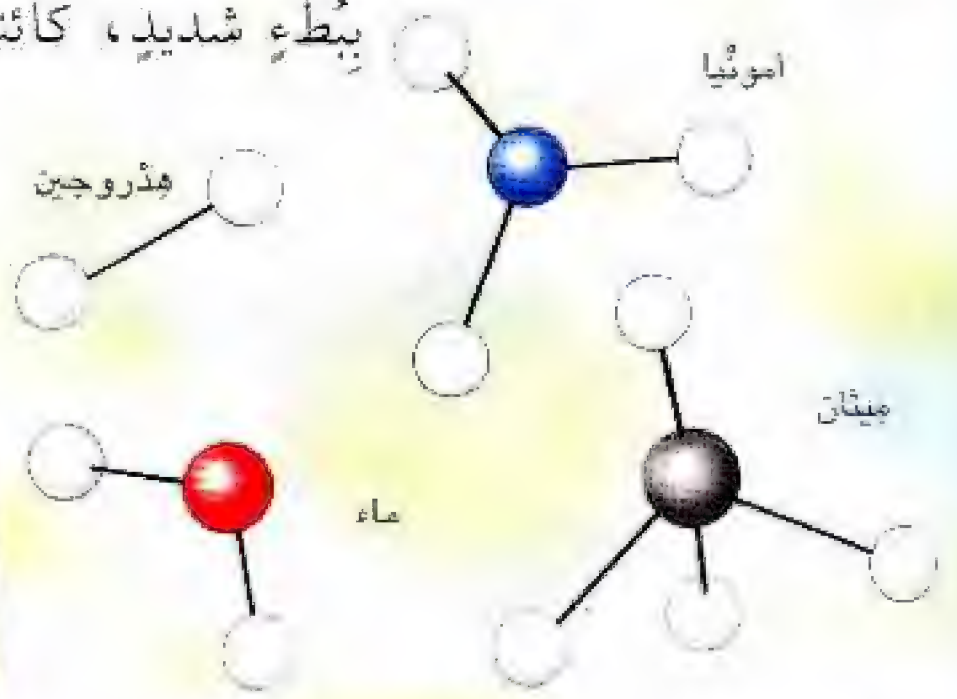
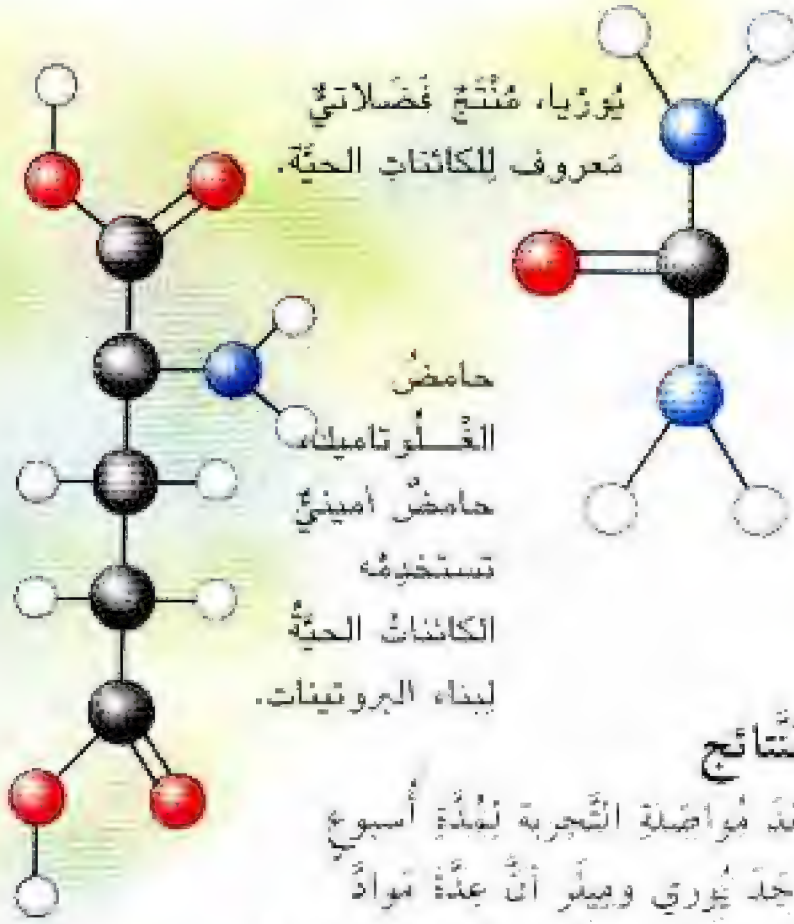
# بدايات الحياة

## أقدم أشكال الحياة

هذه القحالب الخضراء المزرقة البسيطة الشبيهة بالنباتات تسمى سيانوبكتيريا. وهي تسوطن عادة المياه الضحلة وتصنع غذاءها بالتخليق الضوئي. وقد وجد الجيولوجيون جدران أحفورية من هذه البكتيريا يعود تاريخها إلى ٣٥٠٠ مليون سنة - مما يشير إلى أن أشكال الحياة هذه كانت بين الأقدم على الأرض.



وجد كوكبنا الأرضي منذ حوالي ٤٥٠٠ مليون سنة؛ وفي سنيها الأولى، كانت الأرض حارة جدًا ومحفوظة بالمخاطر لا يمكن للكائن حي العيش فيها. فقد كانت تقصفها الرُّجْم والنيازك، وتُمرقها الانفجارات البركانية. وحين أخذت الأرض تبرد صار سطحها أهدأ، فتكوّنت الغيوم، من بخار الماء في الجو - الذي ابتعثته الثورانات المستمرة، وهطلت الأمطار. وفي ذاك الماء ظهرت الحياة منذ أكثر من ٣٥٠٠ مليون سنة. بعض الناس يعتقدون بخصوصية خلق مختلف الكائنات الحية، أي، إن كل نوع حي قد خلق خلقًا خاصًا. لكن معظم العلماء يقولون بنشوء الحياة عبر سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي حدثت اتفاقًا؛ وعلى مدى ملايين السنين، بنّت تلك التفاعلات، ببطء شديد، كائنات حية من مواد كيميائية بسيطة.



## مقومات أولية

كانت بخار وأجواء الأرض الباردة تحوي كيمائيات بسيطة كالماء والميثان والأمونيا والهيدروجين. وفي تجربتهما الشهيرة وضع يوري وميلر مزيجًا من هذه الكيمائيات في وعاء سدّ بإحكام. وكان هدفهما معرفة ما قد يحدث عندما تتفاعل تلك الكيمائيات بعضها مع بعض.

الطاقة الناتجة عن الشّارات الكهربائية سبّبت تفاعل الكيمائيات في الوعاء بغضها مع بعض.

وضع مزيج الماء والميثان والأمونيا والهيدروجين في وعاء وسدّ بإحكام.

## مهّد الحياة

تتصور أن كوكب الأرض الناشئ كان مُغطى بسحيفات تحوي كيمائيات بسيطة، وأن طاقة ضوء الشمس وشرر التفريغ البرقي جعلت تلك الكيمائيات تتفاعل بعضها مع بعض. ولعلّ تلك التفاعلات مع الزمن خلقت كيمائيات يمكنها اتّساع ذاتها، أو تكوين أغشية تحسبها من العالم الخارجي. في العام ١٩٥٣، أخضع الكيمائيان الأمريكيان هارولد يوري وستانلي ميلر هذه الفكرة للتجربة، فتبين لهما إمكانية أبتناء المواد المُعقّدة التركيب من مواد بسيطة.

هذا الرُّجْم الحديدي سقط من الفضاء منذ ٢٠,٠٠٠ سنة.



## الحياة في كواكب أخرى

إذا كانت الحياة قد نشأت اتفاقًا على الأرض بتفاعلات كيميائية طارئة، فمن الممكن أن تكون قد نشأت في أماكن أخرى من الكون بالطريقة نفسها. فالحياة على الأرض عمادها المركبات الكربونية كالأحماض الأمينية. وقد وجد العلماء مقادير ضئيلة من هذه الأحماض في بعض الرُّجْم. كما اكتشف الفلكيون كيمائيات أبسط عمادها الكربون في الغبار المُشعّر عبر الفضاء.

## حياة من حياة

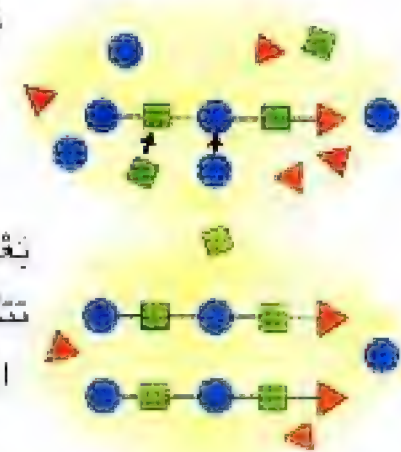
فيما فُضي، اعتقد بعضهم أن كائنات حية يمكن أن تتولّد فجأة من مواد عديمة الحياة. فكانوا يظنون، مثلاً، أن يرقانات الذباب تنشأ من اللحم الفاسد، لكن التجارب التي أجراها كل من العالم الإيطالي لازارو سبيلانزاني (١٧٢٩-١٧٩٩) والعالم الفرنسي لويس باستور (١٨٢٢-١٨٩٥)، أثبتت خطأ ذلك الفُضن. فالكائنات الحية، كما نعرفها اليوم، تتكوّن دائماً بالتوالّد.



تضع الذبابة الزرقاء (كالليفورا شوميثوريا) بيوضها على اللحم، فتضمر ليرقاتها، عندما تفقس، مؤنة واحدة من الغذاء.

## المركب الكيميائي الأصلي

يُجذب كيمائيات أخرى ويتفاعل معها.



## التكاثر الكيميائي

قد تكوّن الحياة بدأت بطريقة بسيطة؛ كأن يكون مركب كيميائي دخل اتفاقًا في سلسلة من التفاعلات أنتجت شُخْصَة مُثَبِّلة له، وأن هذه الشُخْصَة، عبر تفاعلات مُثَبِّلة، كرّرت اتّساع نفسها أيضًا. فيكون المركب الكيميائي بذلك قد تمكّن من التكاثر - الذي هو من خصائص المادة الحية!

## لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الهيدروجين ص ٤٧
- الأرض ص ٢٠٩
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الوراثيات ص ٣٦٤



# التطوُّر (النشوء بالتحوُّل العضوي)

الوان الصورة تخيلية، فلا  
أحد يدري ماذا كانت  
الوان الاركيوتريكس.

الاركيوتريكس كان ذا  
أسنان وندبة الشكل،  
كاسنان الزواحف تمامًا.



## حلقة بين الزواحف والطيور

يُعرَّف في النادر على أحفورة تُبيِّن كيفية نشوء فئة رئيسية من الكائنات الحيّة من فئة أخرى. من نواذر الأحافير هذه الأركيوتريكس «تعني اللفظة الجناح القديم». وتُبيِّن الأحفورة حيوانًا ذا خراشف وأسنان كالزواحف، وريش كالطيور. من ذلك يستنتج البيولوجي، بشبه اليقين، أن الطيور قد تطوّرت من الزواحف.

ذيل طويل كذيل الزواحف

## تطوُّر الحصان

تُبيِّن الشواهد الأحفورية أن الحصان المعاصر قد تطوّر من أسلاف أصغر كثيرًا ذات نمط عيش مختلف تمامًا. حجّم الحصان القديم، هيراكثيريوم، كان بحجّم كلب صغير، وكان رُباعي الأصابع في حافزي القدمين الأماميتين يعتاش برغى أوراق الشجر. وعلى مدى ملايين السنين، تزايد حجّم سلالاته ونحوّل غذاؤها من ورق الشجر إلى الأعشاب، كما طالت أرجلها وقلّت أصابع الحافر فيها؛ وسرّها ذلك سرعة الهروب من أعدائها في الشهور المكشوفة.

## نمط مُشترك

يُعمل التطوُّر على مُهاياة أشياء مُتواجدة قَبْلًا. فقد يتطوّر أحد الأنواع إلى أنواع أُخرى، مُختلفة شكلًا، لكنّها تُشترك في النمط الأساسي ذاته، واللبونات (الثدييات) مثل جِدِّ على ذلك؛ فأطرافها الأمامية مُتعددة الأشكال والأحجام تقوم بوظائف مُختلفة - من السباحة إلى الطيران. لكنّ البنية الأساسية لها جميعًا مُتماثلة، مما يُوحى بأنّ اللبونات قد تطوّرت من سلف مُشترك.

الذراع البشرية تحوي مجموعتين من العظام الطويلة، وتتألف اليد من خمس مجموعات من عظام الأصابع.



## جورج لويس بوفون

في القرن السابع عشر، كان الاعتقاد السائد أن للكائنات الحيّة خصوصية الخلق؛ وأنّ كل نوع من النبات أو الحيوان ذو خصائص ثابتة لا تتحوّل. وهو رأي لا يزال بعض الناس يقولون به. وكان الكونت الفرنسي، جورج لويس بوفون (1707-1788)، العالم الطبيعي الثري، من أوائل المُشكّكين بفكرة الخلق الخاصّ خلال أبحاث أجراها تمهيدًا لمؤلّفه «التاريخ الطبيعي» في ٤٤ مجلدًا. فهو ارتأى حتمية أن بعض أنواع النباتات والحيوانات أنتجت أنواعًا أخرى؛ فكان بذلك من أوائل من كتبوا في موضوع النشوء والتطوُّر.

نحن لا نستطيع العودة بالزمن مئات ملايين السنين إلى الوراء لنرى كيف كانت الكائنات الحيّة. لكن بإمكاننا تعرّف الكثير عن الماضي السحيق بدراسة الأحافير. فالأحفورة تتكوّن بأنطمار الكائن الحيّ تحت الوحول والأترية، فتتخلّ أجزاءه الطرية، نباتًا كان أم حيوانًا ولا يبقى منها أي أثر. أمّا الأجزاء الصلدة كالسُوق والعظام والأسنان والصدف فتتحوّل ببطء شديد. وتُبيِّن الأحافير من شتى أقطار العالم أن الكائنات الحيّة قد تغيّرت تدريجيًا على مرّ ملايين عديدة من السنين. فبعض الأنواع انقرضت، وتنشأت أنواع جديدة من أنواع أقدم في عملية تغيّر بطيء تدعى التطوُّر.

## سجل أحفوري

وُجِدَتْ أحفورة الأركيوتريكس هذه في ألمانيا عام ١٨٦١. ويبدو أنه تطوّر من دينوصورات صغيرة كانت تسير على قائمتين.

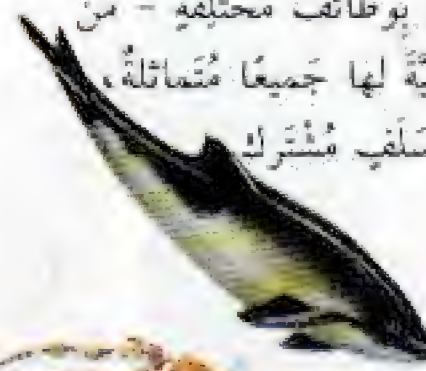


إيكورس، الحصان المعاصر تنشأ منذ حوالي مليوني سنة، وكان عاشبًا أيضًا؛ ذا حافر أحادي الإصبع.

ظهر المريكيس، أوّل الخيل العاشبة، منذ حوالي ٢٠ مليون سنة، وكان ثلاثي أصابع الحافر أيضًا - لكنّ إحداها اتخذت شكل حافر كبير.

الميزوهييس عاش منذ حوالي ٣٠ مليون سنة وكانت قوائمه أطول وقدماء الأماميتين ثلاثية الأصابع.

عاش الهيراكثيريوم منذ أكثر من ٥٠ مليون سنة. ولعلّه كان يلجأ إلى الإختباء من أعدائه لصغر حجمه وعجزه عن سرعة العدو.



زعيفه الدلفين  
الأساميّة تحوي  
مجموعتين من

عظام «الذراع» وخمس

مجموعات من عظام «الأصابع».



## لمزيد من المعلومات انظر

- الأحافير ص ٢٢٥
- آلية التطوُّر ص ٣٠٩
- تصنيف الكائنات الحيّة ص ٣١٠
- الزواحف ص ٣٣٠ ، الطيور ص ٣٣٢
- الوراثيات ص ٣٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



## آلية التطور

لماذا تتغير النباتات والحيوانات ببطء من جيل إلى جيل؟ لقد جاء الجواب عن هذا التساؤل متوافقاً من عالِمين بيولوجيين، توَصَّلا إليه مُستَقْلَين في القرن التاسع عشر، هُما تشارلز داروين وألفريد راسل والاس. فقد عَرَفَا أَنَّ أَفْرَادَ النَّوعِ الْوَاحِدِ تَبَايُنُ قَلِيلاً فِيمَا بَيْنَهَا، وَأَنَّ هَذِهِ التَّبَايُنَاتُ يُمكن أَنْ تَنْتَقِلَ إِلَى الْجِيلِ التَّالِي. وَلَمْ تَغِبْ عَنْهُمَا حَقِيقَةُ أَنَّ أَفْرَادَ النَّوعِ الْوَاحِدِ، كَمَا سَائِرُ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ، تَتَنَافَسُ عَلَى الْمَوَارِدِ الضَّرُورِيَّةِ، كَالطَّعَامِ، مِنْ أَجْلِ الْبَقَاءِ. وَأَنَّ الْخَلْفَ ذَا التَّغْيِيرَاتِ الْأَكْثَرِ مُلَاءَمَةٌ لِلْبَيْئَةِ هُوَ الْأَوْفَرُ حَظًّا بِالْبَقَاءِ وَالتَّناسُلِ. وَهَكَذَا يَتَطَوَّرُ النَّوعُ، بِالانتِخَابِ الطَّبِيعِيِّ، لِيُصْبِحَ أَكْثَرُ مُلَاءَمَةً لِبَيْئَتِهِ وَطَرَائِقِ عَيْشِهِ.

شُرْشُورُ الشُّوكَةِ يُنَبِّثُ شُوَكَةً ضَبَّارَ فِي مَنْقَارِهِ لِالْتِقَاطِ الْحَشَرَاتِ مِنْ بَيْنِ شُقوقِ اللَّحَاءِ.

الشُّرْشُورُ الصَّادِحُ ذُو الْمَنَقَارِ الْحَادِّ الْمُسْتَدِقِّ الطَّرْفِ يَقْتَصِرُ غِذَاؤَهُ عَلَى الْحَشَرَاتِ.

شُرْشُورُ الشَّجَرِ الصَّغِيرِ يَغْتَذِي بِالْحَشَرَاتِ الَّتِي يَلْتَقِطُهَا بِمَنَقَارِهِ الدَّقِيقِ.

شُرْشُورُ الصَّبَّارِ الْأَرْضِيِّ حَادُّ الْمَنَقَارِ يَغْتَذِي بِالْبُزُورِ غَالِبًا مَعَ بَعْضِ الْحَشَرَاتِ.

شُرْشُورُ الشَّجَرِ ذُو الْمَنَقَارِ الْأَعْقَفِ نَبَاتِيٍّ يَغْتَذِي بِبَرَاغِمِ الشَّجَرِ وَأَوْرَاقِهَا.

## شُرْشُورِيَّاتُ غَلَاپَاغُوس

خِلَالَ رِحْلَةٍ حَوْلَ الْعَالَمِ، اسْتغرَقَتْ ٥ سَنَوَاتٍ عَلَى مَثْنِي الْبَاحِجَةِ الْبَيْغِلِ، جَالِ تشارلز داروين، عَامَ ١٨٣٢، فِي جُزُرِ غَلَاپَاغُوسِ النَّائِيَةِ بَعِيدًا عَنِ السَّاحِلِ الْغَرْبِيِّ لِأَمْرِيكََا الْجَنُوبِيَّةِ، حَيْثُ شَاهَدَ الْعَدِيدَ مِنَ الْحَيَوَانَاتِ الْفَرِيدَةِ بِمَا فِيهَا ١٣ نَوْعًا مِنْ طَائِرِ الشُّرْشُورِ. دَرَسَ دَارْوِينُ هَذِهِ الْأَنْوَاعَ فِي مُخْتَلِفِ الْجُزُرِ بَعْنَايَةً مُلَاحِظًا نِقَاطَ الشَّبهِ وَالْاِخْتِلَافَ فِيمَا بَيْنَهَا. فَتَوَضَّعَتْ لَهُ فِكْرَةٌ تُحَدِّثُهَا مِنْ أَصْلٍ وَاحِدٍ جَاءَهَا مِنَ الْبَرِّ الرَّئِيسِيِّ. فَالْشُّرْشُورُ الْأَصْلِيُّ كَانَ يَغْتَذِي بِالْبُزُورِ وَيُدْرَجُ عَلَى الْأَرْضِ، لَكِنْ أَنْسَلَهَ طَوْرَتْ أَشْكَالَ مَنَاقِيدَ مُخْتَلِفَةٍ وَأَسَالِيبَ عَيْشٍ مُتَبَايِنَةٍ، بِحَيْثُ إِنَّ أَكْلَاتِ الْبُزُورِ أَصْبَحَتْ مَنَاقِيدَها كَبِيرَةً وَقَوِيَّةً، بَيْنَمَا أَكْلَاتُ الْحَشَرَاتِ غَدَّتْ مَنَاقِيدَها رَفِيعَةً مُسْتَدِقَّةً الطَّرْفِ.

## تَنَازُعُ الْبَقَاءِ

وَضَعَتْ هَذِهِ الْعَنَكَةُ مَنَابِتَ الْيُوزَاتِ، لَكِنْ صَغَارَهَا لَمْ تُسَلِّمْ جَمِيعُهَا وَسَيَمُوتُ الْكَثِيرُ مِنْهَا قَبْلَ أَنْ تَتَمَكَّنَ مِنَ التَّنَاسُلِ. وَلَوْلَا تَنَافُسُ الْعَنَكِيَّاتِ عَلَى الطَّعَامِ وَالْمَآوَى، الَّلَامْتَوَاقِرِينَ بِسُهولة، لَكَانَتْ الْعَنَكِيَّاتُ اكْتَسَحَبَتْ الْعَالَمَ.

عَنَكَةُ تَحْمِلُ صَغَارَهَا عَلَى ظَهْرِهَا

## الانتخاب الاصطناعي

لَا تَحْدُثُ التَّغْيِيرَاتُ ضَمْنَ النَّوعِ طَبِيعِيًّا دَائِمًا، فَالطَّنُّ اللَّوْنِي عَلَى هَذِهِ الْأَزْهَارِ هِيَ غُلْبَاتُ اصْطِنَاعِيَّةٌ - نَتِجَتْ بِتَعْرِيفِ النَّبَةِ لِلأَبْنَةِ السَّيِّئَةِ. هَذِهِ الْأَشْجَةُ غَيَّرَتْ التَّرَكِيبَ الْجِنِّيَّ (الْوَراثِيَّ) فِي النَّبَةِ بِحَيْثُ انْتَقَلَتْ هَذِهِ الطَّنُّ اللَّوْنِيَّةُ إِلَى الْجِيلِ التَّالِي؛ وَيُمْكِنُ تَكَثُّرُ هَذِهِ الْخَاصِيَةِ الْمُحَظَّطَةِ بِاسْتِثْنَاءِ هَذِهِ النَّبَاتِ بِالتَّأْيِيرِ الْاصْطِنَاعِيِّ. إِنَّ الْعَمَلَ عَلَى تَحْدِثِ التَّغْيِيرَاتِ النَّبَاتِيَّةِ وَالْحَيَوَانِيَّةِ هَكَذَا هُوَ اِنتِخَابُ اصْطِنَاعِيٍّ.

## تشارلز داروين وألفريد راسل والاس

خَطَرَتْ نَظَرِيَّةُ الْاِنتِخَابِ الطَّبِيعِيِّ، أَوْ بَقَاءِ الْأَصْلَحِ كَمَا تُسَمَّى أَحْيَانًا، لِكُلِّ مَنْ دَارْوِينِ (١٨٠٩-١٨٨٢) وَوَالِاسِ (١٨٢٣-١٩١٣). وَقَبْلَ نَشْرِ أَعْمَالِهِمَا عَامَ ١٨٥٨، اعْتَقَدَ الْكَثِيرُونَ أَنَّ النَّبَاتَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ تَتَطَوَّرُ بِتَغْيِيرَاتٍ خِلَالَ حَيَاتِهَا؛ وَأَنَّ هَذِهِ التَّغْيِيرَاتِ الْمُكْتَسِبَةَ تَنْتَقِلُ مِنْ جِيلٍ إِلَى آخَرٍ فَتُحْدِثُ التَّطَوُّرَ. غَيْرَ أَنَّ دَارْوِينَ وَوَالِاسَ قَدَّمَا بَيِّنَاتٍ تَدْعِمُ نَظَرِيَّةَ الْاِنتِخَابِ الطَّبِيعِيِّ. وَفِي الْعَامِ ١٨٥٩، لَخَّصَ دَارْوِينُ نَظَرِيَّتَهُ فِي كِتَابِهِ «أَصْلُ الْأَنْوَاعِ» الَّذِي لَا يَزَالُ مِنْ أَهَمِّ الْكُتُبِ الرَّائِجَةِ.

## تَطَوُّرُ الْبُرْغُوثِ

الانتخاب الطبيعي لا يجعل الأشياء أكبر أو أكثر تعقيداً دائماً، فكثيراً ما ينكفي في اتجاه مغاير. ففي زمن قديم، طوّر أسلاف البراغيث أجنحة؛ لكن هذه الأجنحة لم تُفِدِ البراغيث ولا لامت طرائق عيشها؛ ونتيجة للانتخاب الطبيعي، فقدت البراغيث أجنحتها مُستَعِضَةً عَنْهَا بِتَطْوِيرِ قَوَائِمٍ خَلْقِيَّةٍ قَوِيَّةٍ تُمَكِّنُهَا مِنَ الْفَقْرِ عَلَى مَثْنٍ عَائِلِهَا.



بُرْغُوثُ الْأَرَانِبِ (سَبِيلُوَيْسِيْلَسْ كُونِيكُولِي) يَغْتَذِي بِدَمِ الْأَرَنْبِ.

تَقْلِيمَاتُ الْيُونَانِيَّةِ هَذِهِ خَدِثَتْ بِالْاِنتِخَابِ الْاصْطِنَاعِيِّ.



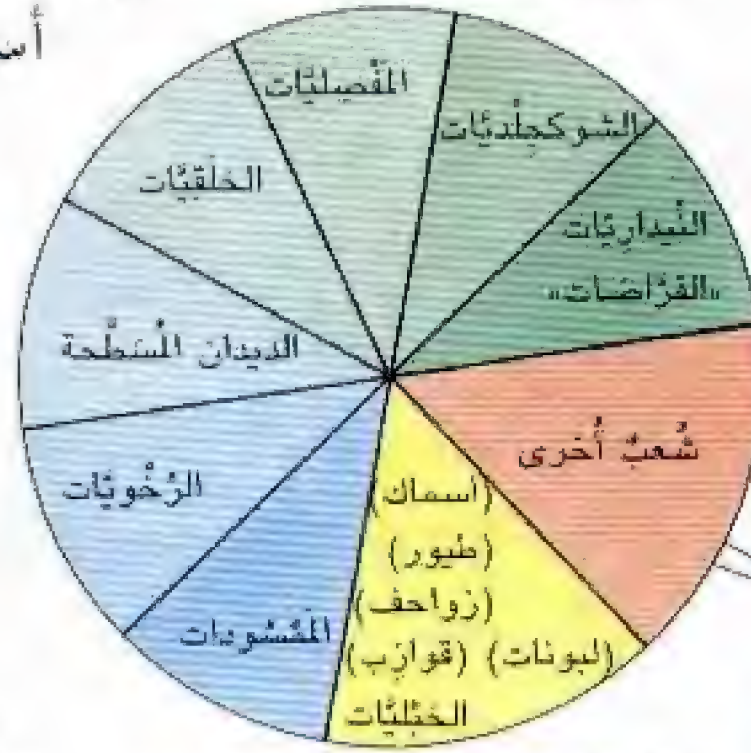
## لزيادة من المعلومات انظر

- الطيور ص ٣٣٢
- الحركة ص ٣٥٦
- الوراثيات ص ٣٦٤
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- الصحاري ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



## تصنيف الكائنات الحية

هذا المخطط يبين بعض الشعب في مملكة الحيوان.



## شعبة الرخويات

تضم شعبة الرخويات حوالي 90,000 نوع مما يجعلها

إحدى أكبر الشعب في عالم الحيوان.

تلتج جسم الحيوان الرخو طبقة الدثار

التي تفرز صدفة صلبة في بعض الأنواع. تُقسم

شعبة الرخويات إلى سبع طوائف - والقوقع الروماني ينتمي

إلى طائفة بطيئات الأقدام.

## طائفة بطيئات الأقدام

تطنيات الأقدام ذات قدم عضلي شبيه مضامة يتحرك

الحيوان زحفا عليها. ولأغلب هذه الحيوانات رؤوس بيضاء

التفاصيل وغيور فوق لوامسها. وتتألف هذه الطائفة من

ثلاث طويئات: والقوقع الروماني ذو رتبة، لذا صُنف في

طويطة الرخويات.

## طويطة الرخويات

تُقسم هذه الطويطة إلى رتبتين، فالقوقع

الروماني يستوطن اليابسة، وله عينا في طرفي

لامبتيه، لذا صُنف في رتبة ذات اللوامس حاملة

العيون (ستيلوماتوفورا).

## رتبة ستيلوماتوفورا

تضم هذه الرتبة أصنافا عديدة من

الرخويات الهوائية التنفس التي

تستوطن اليابسة، ولها أعين على

مجساتها. وهي تُقسم إلى

مجموعات متعددة، تُدعى

طوائف، وهذه تشمل فصائل من

كلا القواقع والبراقي المشابهة،

رغم أن معظم البراقي لا صدقي.

وينتمي القوقع الروماني إلى فصيلة

الرخويات.

## فصيلة الحلزونات

الفصيلة في التصنيف

البيولوجي تعني مجموعة من

الأنواع. وتضمن الفصيلة

توجد مجموعات من الأنواع

تدعى أجناسا. القوقع

الروماني ينتمي إلى جنس

الحلزون لأن صدفته حلزونية

الشكل.

## جنس الحلزون

(هليكس)

يضم جنس الحلزون عدة أنواع متشابهة جدا، لكل منها اسم

علمي ثنائي التسمية. الجزء الأول من الاسم يعبر الجنس الذي

تنتمي إليه جميع الأنواع - في هذه الحالة الحلزون

(هليكس). والجزء الثاني يعين النوع ذاته - وهو القوقع الروماني

بوماشيا ويعني ثقافي الشكل. وهكذا، فالاسم العلمي الكامل

للقوقع الروماني هو الحلزون الثقافي الشكل.

## عالم (أو مملكة) الحيوان

عالم الحيوان، أحد خمس مجموعات رئيسية

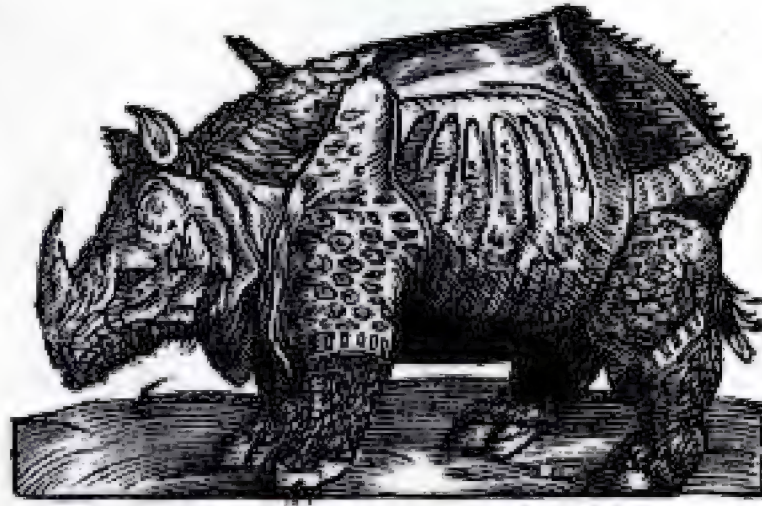
من الكائنات الحية، يشمل حوالي 30 قسما

يُدعى كل منها شعبة. بعض هذه الشعب يضم

كثرة من الأنواع، بينما يحوي البعض الآخر قلة

فقط. القوقع الروماني، مثلا، ينتمي إلى شعبة

الرخويات.



## أسماء سهل تذكرها

قبل ابتداء لينوس نظامه الثنائي التسمية،

كان المثقفون يستخدمون أسماء لاتينية

وصفية لتسمية النباتات والحيوانات. فهذا

الرسم ليوجد القرن في كتاب حيواني في

القرون الوسطى يحمل تسمية لاتينية بمعنى

المقرن الأنف.

## تغير الأسماء العلمية

كثيرا ما تغير الأسماء العلمية عندما يكتب

علماء الأحياء علاقات جديدة بين الكائنات

الحية. فقد صنف لينوس نبات الجرجير

الأزرق في جنس أواقثوس. ونتيجة للدراسات

العلمية، فقد أعيدت تسميته عدة مرات ويصنف

الآن مع جنس الإسقيل (سبيللا).



النوع: الحلزون الثقافي الشكل  
(هليكس بوماشيا)



## جنس الحلزون

(هليكس)

يضم جنس الحلزون عدة أنواع متشابهة جدا، لكل منها اسم

علمي ثنائي التسمية. الجزء الأول من الاسم يعبر الجنس الذي

تنتمي إليه جميع الأنواع - في هذه الحالة الحلزون

(هليكس). والجزء الثاني يعين النوع ذاته - وهو القوقع الروماني

بوماشيا ويعني ثقافي الشكل. وهكذا، فالاسم العلمي الكامل

للقوقع الروماني هو الحلزون الثقافي الشكل.



## الكائنات الحيّة

بدائيات النوى (الموئيرا)

الاولى

الفطريات

النباتات

الحيوانات



يتألف عالم بدائيات النوى (الموئيرا) من المتعضيات الوحيدة الخلية - البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة المعروفة بسيانوبكتيريا. إنّ خلية الموئيرا بسيطة عديمة النواة. أمّا جميع الكائنات الحيّة الأخرى فخلاياها سوّية النوى.



عالم الاولى يتألف من متعضيات وحيدة الخلية سوّية النواة، وهي في غاية التنوّع بحيث يدرج بعض البيولوجيين فيها الطحالب الوحيدة الخلية التي يرتئي آخرون أنّها تنتمي إلى عالم النبات.



عالم الفطريات يتألف من متعضيات تتصلّ مواك انتجتها أصلاً كائنات حيّة أخرى. أحياناً تتعامل الفطريات كنباتات، رغم أنّ بني خلاياها وأساليب عيشها مختلفة تماماً.



يضمّ عالم النبات متعضيات تستخدم الكلوروفيل (البخضون) لتستخرّ طاقة ضوء الشمس في تخليق غذائها. جذرانّ خلايا النبات جاسئة لأنّها تتألف من السليولوز.



يضمّ عالم الحيوان متعضيات عديدة الخلايا تتغاشّ بتناول الطعام. معظم الحيوانات قادرّ على الحركة والتنقل، لكن بعضها يمضي قسماً كبيراً من حياته مُثبتاً في بقعة واحدة. وجدران الخلايا الحيوانية غير جاسئة.

### خمسّة عوالم من الكائنات الحيّة

فيما مضى، قسّم البيولوجيون الكائنات الحيّة إلى مجموعتين فقط: عالم النبات وعالم الحيوان. تميّز الفرق بين النبتة والحيوان بدا لهم أمراً سهلاً. فالنباتات خضراء مُجذّرة في مكان واحد، وهي بحاجة إلى الضوء لتُحيا. أمّا الحيوانات فتنتقل عادةً من مكان إلى آخر وتغذي بأشياء أخرى. لكن اكتشف البيولوجيون لاحقاً أنّ الكائنات الحيّة ليست على ذلك القدر من البساطة. ففي قبضة من التراب، أو سفل من الماء، هنالك أعداد لا حصر لها من الكائنات الحيّة الدقيقة التي لا تنتمي لأيّ من العالمين المذكورين. والمتعارف اليوم تقسيم الكائنات الحيّة إلى خمسّة عوالم؛ ومع تعيّر المفاهيم حول علاقاتها بعضها ببعض، تتغيّر كذلك الطريقة التي تُصنّف بها.

### كَمْ نوعاً الكائنات؟

لا يزال البيولوجيون يجهلون العدد الحقيقي لأنواع الكائنات الحيّة المتواجدة على الأرض. فقد اكتشف وصّف حتى اليوم قرابة مليوني نوع، لكن قد يكون العدد عشرة أضعاف ذلك. فنحن نعرف حوالي ٥٥٠ نوعاً من الصّوبريات وقرابة ٤٠٠,٠٠٠ نوع من الحنافس.

هذه خمسة أنواع فقط من آلاف أنواع الحنافس.

تاكيلوفورس زرافي



هيتروزينا ماكليبي

هيلائس شفلي

جولويس كلوجي

يوفولس بكاري

الطاووس

الأسد

النعام

الإنسان



حيوانات جانبية العينين

حيوانات أمامية العينين

حيوانات طويلة العنق

حيوانات قصيرة العنق

حيوانات طويلة الذيل

حيوانات تمشي على رجلين

### خصائص عديمة الأهمية

يُحاول البيولوجيون تصنيف الأنواع بطريقة تُبيّن كيفية ارتباطها بالتطور. لذلك فهم يختارون الخصائص التي تشترك فيها الأنواع المختلفة. لكن أيّ الميزات هي الأهم؟ مُحطّط العلاقات أعلاه يُبيّن أحد السبل لتصنيف أربعة حيوانات على أساس شكلها الخارجي؛ وهذه طريقة قليلة الجدوى.



### خصائص مهمّة

يُوحى مُحطّط العلاقات الأوّل أنّ النعام أوّل صيئة بالإنسان منها بالطاووس؛ لكن الإدراك السليم يستبعد ذلك، لأن النعام والطاووس كلّها مكشّوة بالريش وذات مناقيد، بخلاف الإنسان. فمحطّط النسب أعلاه أكثر معقولية، لأنّه يعتمد سمات أساسية، كالريش وبنية العظام، وهي تعطي دلائل تصنيف أفضل.



### اختيار الاسم

المُكتشف الأوّل لنوع جديد من الكائنات له شرف اختيار اسم ذلك النوع. هذه جمجمة دينوصور يدعى بارينوكس ووكري. فالجزء الأوّل من الاسم يُشير إلى مخالب الدينوصور الثقيلة؛ أمّا الجزء الثاني فيُحيي ذكرى المُكتشف - بل ووكري.

### لمزيد من المعلومات انظر

- التطور (النشوء بالتحوّل العضوي) ص ٣٠٨
- آلية التطور ص ٣٠٩
- الرّخويات ص ٣٢٤
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الهياكل الدّاعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



A close-up photograph of a textured surface, likely the cover or endpaper of an old book. The texture is mottled and aged, with shades of yellow, tan, and brown. A prominent dark, curved line, possibly a crease or a decorative element, runs across the lower portion of the image. Above this line, there is a small, dark, irregular shape that resembles a stain or a small object. The overall appearance is one of significant age and wear.

لاَقِمَاتُ الْبَكْتِيرِيَا ضَرَبٌ مِنَ الْحُمَاطِ يُهَاجِمُ الْبَكْتِيرِيَا  
(الْجَرَاثِيمَ) لِتَنَاقُزِ. هُنَا جُرْثُومَةٌ (بَكْتِيرِيَّةٌ) تَعْرِضُهَا لِأَقِمَاتِ  
الْبَكْتِيرِيَا ت.؛ الْحُمَاطُ الْخَاطِيَّةُ مُلْتَصِقَةٌ بِالْخَلِيَّةِ الْجُرْثُومِيَّةِ  
مِنَ الْخَارِجِ، بَعْدَ أَنْ حَقَنَتْ مَحْتَوَاهَا مِنْ



تُسَبِّحُكَ كُلُّ حَمَاطٍ  
الزُّكَّامِ أَنَا "سَيَّالًا"  
وعندما تَغْطِئُ ، تَسْبِيحُ فِي  
الهَوَاءِ رُشَاشَاتُ تَحْوِي  
مَلَائِيكَ الحَمَاطِ نَاقِلَةٌ  
عَدُوِي الزُّكَّامِ إِلَى مِنْ  
يَسْتَشْفِيهَا .

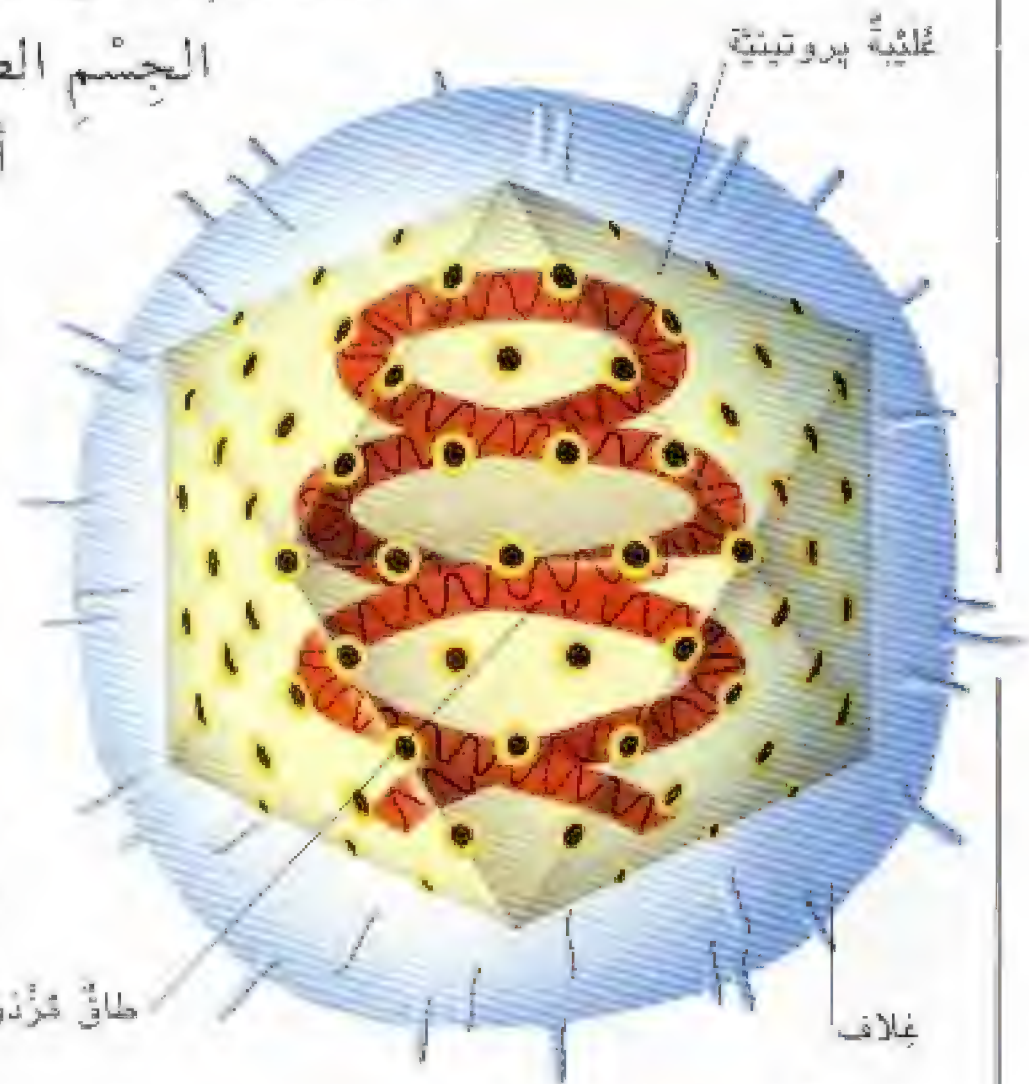


زُهْرَيَّة - بَرِيثَةُ جَانِ ثَانَ هُوَيْسُوم (١٧٤٩-١٦٨٢).



تُحْلَقُ حُمَةُ فَسَيْسَاءِ الْخُرَاصِي، أَرْيَاقًا  
فَسَيْسَائِيَّةٍ فِيهَا: فِي الْقُرْنِ ١٧، كَانَتْ  
الْخُرَاصِي الْمُرْتَبَعَةُ بِهَذِهِ الْحُمَاتِ فَائِذَةُ الْقِيَمَةِ فِي  
هَوْلُنَا - بِحَيْثُ يَتَعَامَلُ بِهَا النَّاسُ كَالْأَسْهُمِ  
وَالسُّنَدَاتِ، حَتَّى لَقَدْ فَاقَ نَصُ بَضَلَةِ الْخُرَاصِي  
الْمُوَاجِدَةِ مُعَدَّلَ دَخْلِ الشَّخْصِ الْعَادِيِّ فِي سَنَةِ

يَبْدُو الحُمةَ لاقِمةَ الكِثْرِيَا تِ؛ كَانَهَا  
مَرْكَبَةً قَضَائِيَّةً مُتَمَنِّةً. وَهِيَ تَسْتَسْبِخُ  
ذَاتَهَا بِحَقْنِ مُحْتَوَاهَا، مِنْ دَنَاءٍ،  
دَاخِلِ الجُرْثُمَةِ. وَهَذَا بِحَقْنِ  
الجُرْثُمَةِ تُخْلِقُ كُلَّ الأجزاءِ اللّازِمةِ  
لِتَجْمِيعِ حُمَاتٍ جَدِيدَةٍ. ثُمَّ تَتَضَامُ  
الأجزاءُ وتُخْرِجُ الحُمَاتِ الجَدِيدَةَ  
مِنَ الخَلِيَّةِ الجُرْثُمِيَّةِ.



تُسَبَّبُ الحُمَاتُ الحَلِيَّةُ الحُمَاقُ وَالْحَلَا التَّنَاقِي وَالْقُرُوحُ البَارِدَةُ. فِي دَاخِلِ كُلِّ حُمَةٍ هُنَاكَ طَاقٌ مَزْدُوجٌ مِنَ المَادَّةِ الكِيمَاوِيَّةِ الْوَرَاثِيَّةِ ذ ن أ، الَّتِي تَحْوِي جَمِيعَ «التَّعْلِيمَاتِ» اللَّازِمَةِ لِجَعْلِ الخَلِيَّةِ الْحَيَّةِ تَسْتَنَسِخُ الحُمَةَ. تَحْفَظُ الذ ن أ عُليَّةَ بَرُوتِيْنِيَّةٍ عَشْرُوتِيَّةٍ الْأَوْجِدِ الْمُتَمَاثِلَةِ، تَلْفُهَا طَبَقَةٌ وَاقِيَّةٌ تُدْعَى الْغِلَافُ. فَعِنْدَمَا تُصَادَفُ الحُمَةُ خَلِيَّةٌ مُنَاسِبَةٌ، يَلْتَحِمُ غِلَافُهَا بِغِشَاءِ الخَلِيَّةِ - كَمَا تَلْتَصِقُ مَعًا فُقَاعَتَانِ. ثَمَّ يَدْخُلُ بَاقِي الحُمَةِ إِلَى الخَلِيَّةِ حَيْثُ يُسْتَنَسَخُ. أحيانًا، تَسْتَوطِنُ الحُمَاتُ الحَلِيَّةُ جِسْمَ الْإِنْسَانِ عِدَّةَ سِنِينَ دُونَ إِذِائِهِ.

الحُمُات ليست الجُسيمات الكيماوية الوحيدة التي تُصيب الخلايا الحيّة. فهناك الحُمانيّات (شبه الحُمات) الأصغر؛ وتُتألّف الحُمانيّة من قطعة أقصر من المادّة الكيماوية الوراثيّة ر ن أ (الحامض النّوويّ الرّبي) دون غلافٍ بروتينيّ. وهنالك أيضًا البَريونات التي هي أصغر من الحُمانيّات، ويُعتقد أنّها تتألّف من بروتينات فقط بخلاف الحُمات والحُمانيّات. تُسبّب الحُمانيّات أمراضًا عديدة في النباتات، فيما تسبّب البَريونات الهُزال والسُّلّل (مرض سُكراي) في الأغنام والماشية.



حُمةٌ من لاقِمات  
الكَثرات

المزيد من المعلومات انظر

الجرائم (البكتيريا)	ص ٣١٣
الخلايا	ص ٣٣٨
البيئة الباطنية (في الأحياء)	ص ٣٥٠
النمو ومراحله	ص ٣٦٢
الوراثيات	ص ٣٦٤



# الجراثيم (البكتيريا)

إذا تركت كوبًا من اللبن (الحليب) خارج البرّاد في طقس دافئ، فسيَحْمَضُ اللبن بعد وقت قصير. إن سبب هذا التحوّل هو النُموّ السريع لِمَتَعَضِّياتٍ مِجْهَرِيَّةٍ وَحيدة الخلية بدائيّة النواة تُعرَفُ بالجراثيم (البكتيريا). والبكتيريا هي أكثر الكائنات الحيّة انتشارًا على الأرض، فهي تتواجد في الهواء وفي التراب وفي جميع أنواع النباتات والحيوانات وعليها، بما فيها الإنسان. حتّى إنّ بعض أنواعها يوجد في الينابيع الحارّة وفي الجليد أيضًا. والبكتيريا أنواعٌ مُختلفةٌ عديدة - بعضها مؤيّد

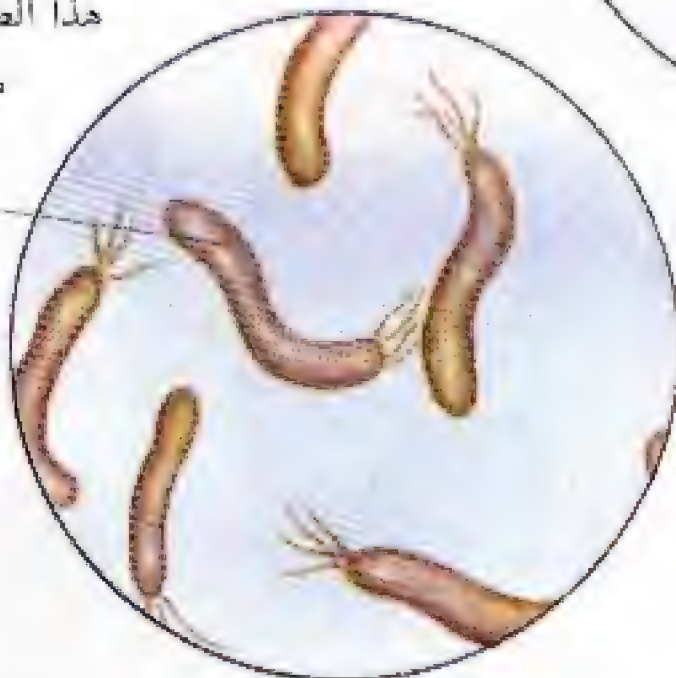


الطاعون الدبلي (الدُملي)

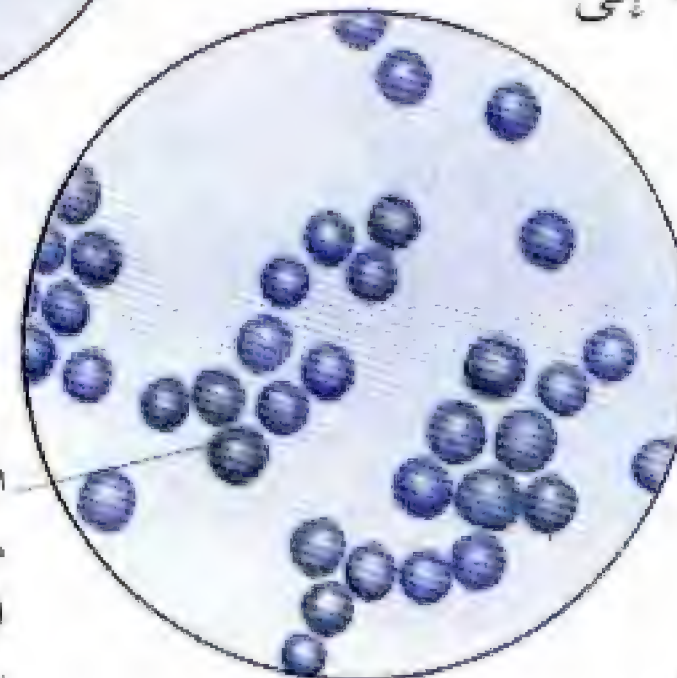
قَبْلَ اختراع المضادّات الحيويّة، كانت الأمراض الجرثوميّة أحيانًا تكتسح مناطق واسعة بأوبئة مروّعة. فخلال القرنين الثالث عشر والسابع عشر، اجتاحت أوروبا الطاعون الدبلي، المعروف بالموت الأسود، فقتل على ملايين البشر. وتُسبّب هذا الطاعون جراثيم تعيش في الجرذان وتنتقل منها إلى الإنسان بواسطة البراغيث.



الغصيّة جرثوم  
عضوي الشكل،  
يعيش مُتَغَرِّبًا أو في  
سلاسل.



الخلليّة لولبيّة الشكل.  
بعض الخلليّات  
تؤلّف سلاسل.

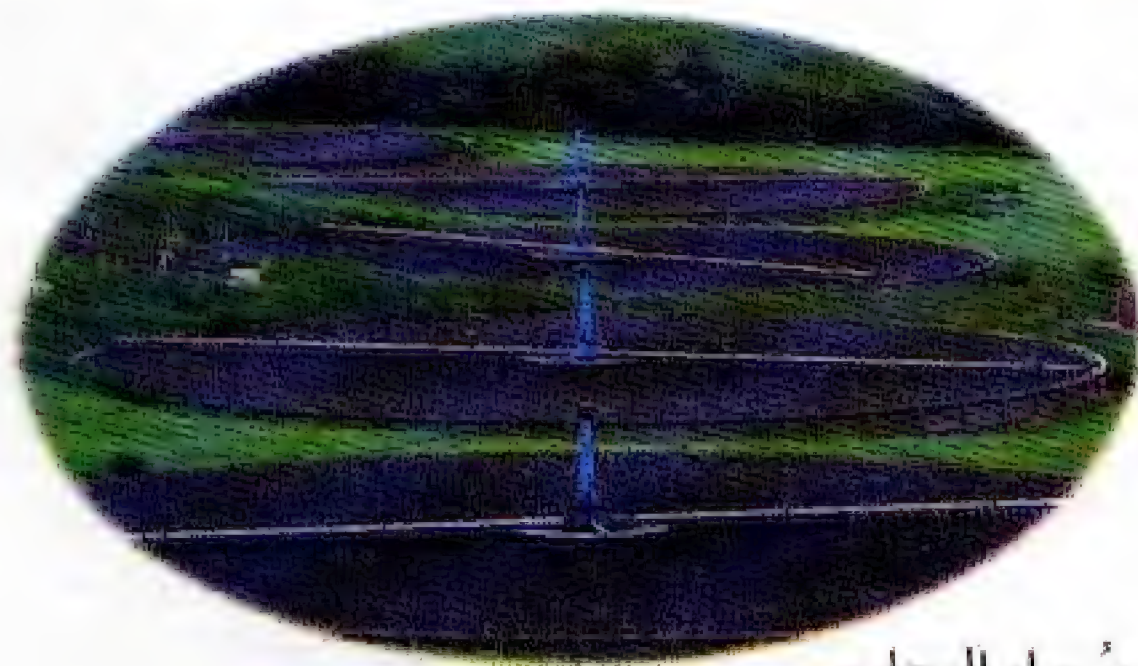


المكورة مذوّرة الخلّة.  
بعض المكورات تعيش  
في عنقيد أو في  
سلاسل طويلة.

بكتريات التحليل  
ومُستخرجات الألبان.

## الخلايا الجرثوميّة

الجرثومة أو الجرثوم النموذجي أصغر من الخلية الحيوانية بحوالي ١٠٠٠ مرّة، فلا تشاهد تفاصيلها إلّا بالمِجْهَر الإلكتروني. والخلية الجرثوميّة ذات جدارٍ لَحْنين، وهي غير مُتَوَاة. وتعيش البكتيريا إمّا باستخدام طاقة الكيماويات أو ضوء الشمس، أو بامتصاص موادّ غذائيّة من العضويّات الميتة كبقايا النبات والحيوان، أو من الخلايا الحيّة.



## تكرير مياه المجاري

تَلْعَبُ البكتيريا دورًا مهمًّا في مُعالِجة الفضلات البشريّة فلا تُعدو من أسباب التلوّث. في مُجمّع تكرير مياه المجاري تُنضّ السوائل الفضلايّة عبر طبقات من حَبّ القمح والحصاء الدقيق، فتُغْمَلُ فيها البكتيريا المُتواجدة في تلك الطبقات هاضمة الفضلات ومُفكّكة إياها إلى موادّ ماسونة أبسط. وهكذا يُمكن إعادة تلك المياه إلى الجداول والأنهار دون أن تُعرِض الحياة البريّة لِضَرَرٍ.

## نَحْرُ الأسنان

تعيش في أجسادنا وعليها أنواعٌ عديدة من البكتيريا. فالبكتيريا دائمة التواجد في الفم لِاتصاله بالهواء. هذه البكتيريا تعيش بهضم مُخَلَّفَاتِ الطعام، وإذا لم تُنظَّف أسنانك بأنظام، فستراكم تلك البكتيريا، مُكوّنة لويحات فلاحية بيضاء أو مُظفّرة. كذلك تُهاجم الحوامض التي تُنتجها تلك البكتيريا ميناء الأسنان الصلّية؛ ومنى نَحْرُها يمتدّ النَّحْرُ بِسرعة إلى الطبقات الطريّة تحتها.



بكتيريا على سطح الشّن



## رُوبرت كُوخ

الطبيب الألماني

روبرت كُوخ

(١٨٤٣-١٩١٠)،

ساهم في إرساء دراسة

البكتيريا كعلم طبي. ففي العام ١٨٧٦، اكتشف أنّ الجرثوم المُسبّب للجُمرة الخبيثة (داء يُصيب الماشية والإنسان) يُمكن استنباطه في المختبر. كما شخّص أيضًا البكتيريا المُسببة للسلّ والتهبّة (الكوليرا).

## التكاثر الجرثومي

تتكاثر الجراثيم (البكتيريا) غالبًا بالانقسام - أي بأنقسام الخلية إلى اثنتين. ففي ظروف ملائمة - من الدفء والرطوبة ووفرة الغذاء - تنقسم الخلية إلى اثنتين كلّ ٢٠ دقيقة؛ أي إنّ الجرثومة تُنتج ثلاثة أجيال خلال ساعة واحدة فقط. ففي ٢٤ ساعة تُنتج الانقسامات المتكررة حوالي ٥٠٠٠ بليون جرثوم!

## لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا ص ٣٣٨
- التخلّق الضوئي ص ٣٤٠
- الأسنان والفكان ص ٣٤٤
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



هَيَوَى الخَلِيَّةُ السَّائِلَةُ تَسْرِي  
عَبْرَ الْأَقْدَامِ الْكَاذِبَةِ حَامِلَةً  
مَعَهَا غُضَبَاتٍ.

شرعة المتقورة القصوى  
حوالى سنتيتمرين في الساعة.

تستطيع المَسْمُورَةُ (الأمية) تحويل بعض من هَبُولَى خَلِيَّتِهَا (السْمِثُولَارْم) إلى جامِد هَلَامِيٍّ، ثُمَّ إعادته ثانية إلى النحالة السَّائِلَة - فَتَصْنَعُ بِذَلِكَ "أَقْدَامًا" مُوقِفَةً تُدْعَى أَقْدَامًا كاذِبَةً. أثناء تحريك الأمية تُصْنَعُ جَوَانِبُ تِلْكَ الْأَقْدَامِ جامِدةً وَتُثَبَّتُ فِي مَوْقِعِهَا، بَيْنَمَا تَسْرِي الأجزاء الأمامية والداخلية إلى الأمام.

تُمَدُّ التَّمَوُّرَةُ أَقْدَامًا  
كَأَذْيَةٍ بِاتِّجَاهِ تَحَرُّكِهَا.

تَحْكُمُ النَّوَاةُ أَعْمَالَ الْخَلِيَّةِ.  
عِنْدَ التَّكَاسُّرِ تَنْقَسِمُ النَّوَاةُ  
وَالْخَلِيَّةُ كِلَاهُمَا إِلَى شَطْرَيْنِ.

المُتَمَوِّرَةُ (الأميَّة) نَوْعٌ خَاصٌّ مِنَ  
الْأَوَّلِيَّاتِ الَّتِي لَا شَكْلَ ثَابِتًا لَهَا .  
فَتَحْرُكُ خَلِيَّتُهَا الْوَحِيدَةُ الْكَبِيرَةُ الشَّكْلَ  
بِالْإِنْسِيَابِ فِي أَيِّ اتِّجَاهٍ . تَسْتَطِيعُ  
الْمُتَمَوِّرَاتُ الْمَيَاءَ وَتَغْذِي بِإِعْتِمَادِ  
الْفَرَّاسِ ، فَيُحْتَجِزُ الطَّعَامُ فِي فُتَاةٍ  
تُدْعَى فُجَوَاتٍ غَذَائِيَّةٍ حَيْثُ يَتِمُّ هَضْمُهُ  
لَا حَقًّا . تَكَثَّرَ الْمُتَمَوِّرَةُ بِإِنْقِسَامِ الْخَلِيَّةِ  
إِلَى اثْنَيْنِ .

شَبَوِيّ الحَلِيَّةُ السَّائِلَةُ

## ١٠- هَيُولَى الْخَلِيقَةِ الْإِلَهِيَّةُ

الْفَجَواتُ الْعِدائِيَّةُ تَهْضِمُ كُلَّ  
مَا تَغْتَمِرُهُ الْمُتَحَوِّرةُ، ثُمَّ تَقْطِفُ  
بِالْفَضَالَةِ خَارِجَ الْخَلَّةِ.

تعملُ الفجوةُ القلوصُ كالمنضخة.  
فتجمعُ الماءَ الفائضَ ثمَّ تَرْزُقُهُ  
خارجَ الخلَّةِ.

تَجُولُ الذِّدِينِيَوْمِ  
سَاحَتَهُ عَنِ طَعَامِ.

## صِرَاعُ الْأَوَّلِيَّاتِ

قد تكون الأوثان صغيرة، لكن عالمها  
يضم بعض الكائنات الضارية. هنا،  
الديدنيوم تهاجم البراميسيوم مطلقاً خيوطاً  
سامة على فريستها عند بدء المعركة. وبالرغم من أنها  
أصغر من فريستها بكثير، فهي تمتص لتبتلعها. هذان  
الكائنان الأوثان كلاهما من الهديبات التي تجدف عبر  
الماء بواسطة شعيرات دقيقة تدعى أهداباً.

لقد اصطدمت الدينيون اتفاقاً  
ببراميسثيوم فراحَ تَمَتُّ مَسِيعَةً لِاحْتِواءِ  
فريستها الضخمة. ويُقدِّ سَاعَتَيْنِ أَوْ ثَلَاثِ  
تَسْعَى فِي طَلَبِ الْغِذَاءِ مُجَدِّدًا.

الناموس (البعوض) والمَلاريا (البرداء)

تُدْمِرُ خَلِيَّةَ الدَّمِ  
الْحُمْرَاءِ بِتَكَثُرِ  
غُرَاتِهَا.

الملاريا داءٌ خطِرٌ يتسبَّبُ بِخَاصَّةٍ فِي الْمِنَظَفَةِ الْمَدَارِيَّةِ، وَيُسَبِّبُهُ طِفْلِي الْمَلَارِيَا (الْبِلَازْمُودِيوم)، الَّذِي يَقْتُلُهُ الْبَعُوضُ فِي عُذْدِهِ. الثَّلَائِبِيَّةُ مِنَ الْمُصَابِ إِلَى شَخْصٍ سَلِيمٍ حَيْثُ يَنْكَاثِرُ دَاخِلَ كَبِدِهِ وَخَلَايَا دِمِهِ الْحُمْرِ. وَكُلَّ بَضْعَةِ أَيَّامٍ تَخْرُجُ خَلَايَا الطَّفِيلِي الْأُولَى الْجَدِيدَةُ مِنْ خَلَايَا الدَّمِ الْحُمْرَاءِ فَتُسَبِّبُ نَوَابِتَ حُمَّى.

نَحْفِظُ النَّمُوسَةَ الْمَلُوءَةَ بِخَلَايا طُفْفي المَلاَريَا  
بِأَجَلٍ عُدَّهَا اللُّعَابِيَّةُ. فَإِذَا مَا لَسَعَتْ  
شَخْصًا تَنْتَقِلُ إِلَيْهِ هَذِهِ  
الْخَلَايا.

الأُولَيَّاتُ بَانِيَةُ الصُّخُورِ

المُخْرِبَاتُ كَانَتَاتٍ أَوَّلِيَّةً تَعِيشُ دَاخِلَ سَحَابٍ مُجَهَّرَةٍ غَيَّةٍ  
بِالْكَالْسِيُومِ . وَتَنْتَشِرُ عَلَى سَطْحِ كُلِّ مَحَارَةٍ نَحَارِيَةٍ دَقِيقَةٍ تَبْرُزُ  
مِنْهَا "أَقْدَامٌ" خَاصَّةٌ لِجَمْعِ الْغِذَاءِ . تَعِيشُ الْمُخْرِبَاتُ فِي  
الْبَحْرِ بِأَعْدَادٍ ضَخْمَةٍ ؛ وَعِنْدَمَا تَمُوتُ تَتَرَاكُمُ مَحَارُهَا فَوْقَ قَاعِ  
الْبَحْرِ وَتَتَحَوَّلُ مَعَ الزَّمَنِ إِلَى صُخُورٍ - كَالْجُرُفِ الْبَيْضَاءِ  
الطَبَاشِيرَةِ الْمُسْنَةِ أَعْلَاهُ .

لمزيد من المعلومات انظر

الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣  
 الخلايا ص ٣٣٨  
 التخليق الضوئي ص ٣٤٠  
 التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦  
 حقائق ومعلومات ص ٤٢٢

خَلِيَّةٌ ذَمٌّ  
بِشْرُوتَةٍ حَمْرَاءُ

الناموسية (البغوضة) (أتوفيليس أرايانسين)



# الفطريات

الفطريات عالمٌ من المتعضيات السوية تنوي الخلايا - منها المألوف الكبير كعيش الغراب والفطر الغاريقوني والكمأة، ومنها المجهرى الوحيد الخلية كالعفن والخمائر. تتألف الفطرة الكبيرة من قسم ظاهر مظهري الشكل ومن كتلة خوطان دقيقة متوارية في التربة أو في مواد عضوية كالخشب المهترئ. والفطريات، بخلاف النباتات الخضراء، عاجزة عن تخليق غذائها؛ لذا تعيش متطفلة على كائنات حية أخرى أو على مواد عضوية ميتة. والفطر، مع البكتيريا، من المفككات المهمة في تحليل بقايا النبات والحيوان مُعيدةً موادها الكيماوية لِتُستعمل مُجدداً. وتتكاثر الفطور خضرياً وجنسياً، والكثير منها يُصيب الإنسان والحيوان والنبات بأمراض مُختلفة. بعض الفطور يُؤكل، ومنها ما يُستخدم في التخمر وفي تحضير المضادات الحيوية كعفن البنسلين.



## نكهات فطرية مُطيبة

رغم أن بعض الفطر سام، فالكثير من الأنواع المأهولة يُستخدم في إضفاء نكهة مُميزة على بعض الأطعمة. كتل الجبن أعلاه لُوئت بفطر البنسلين الذي ينمو عليها فيكسبها مذاقاً خاصاً.

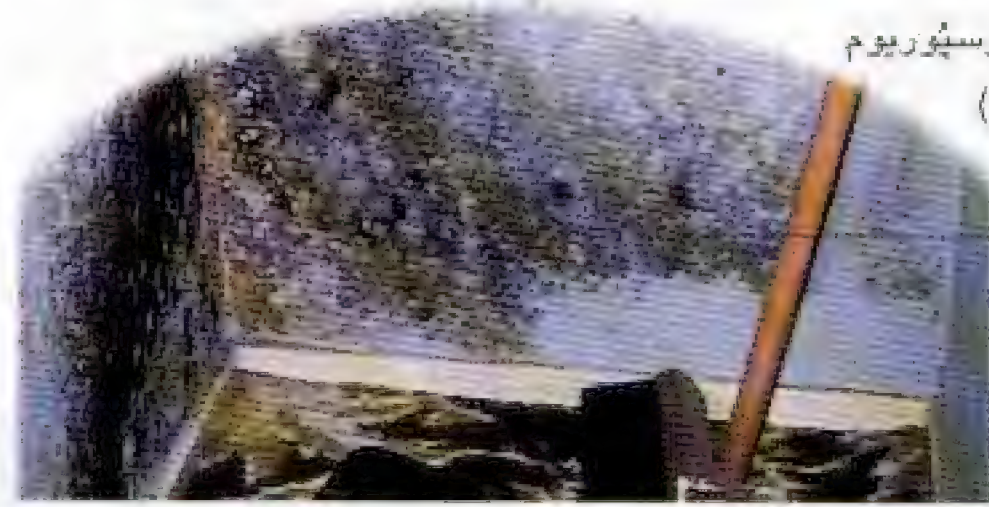
## غاريقون الذباب

غاريقون الذباب (أمانيتا مسكاريا) فطر سام يتكاثر بتكوين رؤوس مظهرية ذات تقاطيع خيشومية في سطحها السفلى. في هذه الخياشيم تتكون الأبواغ الشبيهة بالبرور الدقيقة. وحين تُطرح الأبواغ تذرهما الرياح؛ فإن وقع البوغ في مكان ملائم، ينمو مُكوناً كتلة خوطان فطرية جديدة.



تفصل بين الخياشيم فجوات ضيقة تسمح للأبواغ بالسقوط إلى أسفل. وقد يُطلق الرأس الفطري ملايين الأبواغ.

عفن أسود (كلادوسپوريوم كلادوسپوريوس) نام على جدار رطب. تتألف الساق من كتلة خوطان (ج. خوط) فطرية متضامة مغد.



## الفطريات حوالى المنزل

تنمو أنواع كثيرة من الفطريات داخل المنازل وحولها، كالعفن الذي يستقر على الجدران الرطبة الباردة مُكوناً بقعاً سوداء. كما يُهوى العفن الجاف (سريولا لاكريمانس) الخشب في البيوت القديمة. كذلك يُصيب العفن الفطري والصدأ أشجار الحدائق ومحاصيل المزارع.

## مُجاعة البطاطا

عفن البطاطس فطر غير متجري التاريخ. ففي منتصف القرن التاسع عشر، ضرب هذا العفن (فيتوفثورا إنفستانس) نباتات البطاطا في إيرلندا على مدى عدة سنوات متتالية، مما اضطر آلاف الناس المتضورين جوعاً للهجرة إلى أمريكا الشمالية.



فُقع الذئب (لايكوبودون بايرفورمي)



## السير ألكسندر فلمنج

عام ١٩٢٨ لاحظ

الجراتيمي

الاسكتلندي

ألكسندر فلمنج

(١٨٨١-١٩٥٥) أن عفنًا

لوث المُستنباتات البكتيرية

في أحد الأطباق في

مُختبره فأبادهها. فعزل

فلمنج المادة التي أنتجها

الفطر، وأسماها البنسلين - أول عقار من

المضادات الحيوية. ونتيجة لأبحاث

لاحق أنقذ البنسلين حياة ملايين

الأشخاص.



## فُقع الذئب (الفطر الكروي الثقات)

تتكون أبواغ فُقع الذئب داخل رأس كروي. هذا الرأس يجف تدريجياً ليغدو كيساً أجوف يشجر بمنح حيوان أو فطرة مقلد باعاً الأبواغ عبر ثقب قمي فيه.

## لمزيد من المعلومات انظر

الجراتيمي (البكتيريا) ص ٣١٣

التخليق الضوئي ص ٣٤٠

الاغذاء ص ٣٤٣

التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦

دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢

الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦

حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# اللازهريات

تختلف النباتات الخضراء عن الفطريات بأنها تُخَلِّق غذاءها من مواد بسيطة كالماء وثنائي أكسيد الكربون بطاقة ضوء الشمس وفاعلية الكلوروفيل (البيخضور) في أوراقها. تُقسَّم النباتات الخضراء إلى قسمين رئيسيين - هما اللازهريات والنباتات المزهرة. ظهور اللازهريات يعود إلى أكثر من ٣٠٠ مليون سنة وشملت الطحالب والسراخس والحزاز، وقد بلغ بعضها أحجاماً عظيمة. وهذه النباتات لا تزال موجودة، لكن المتواجد منها على اليابسة صغير عادة، ويقبع غالباً في الأماكن الظليلة. تتكاثر اللازهريات بنثر أبواغها، والكثير منها تتعاقب أجياله بين البوغي والمشري. الجيل البوغي يُنتج الأبواغ التي لا تلبث أن تنبت لتنتج جيل المشيرات (البروتالوس) الذي يُنتج الأمشاج (الخلايا التناسلية أو الأعراس).



ليس لعشب البحر المعروف بالكلب أوراق حقيقية، بل سيقان مذبذبة.

## عملاق تحت مائي

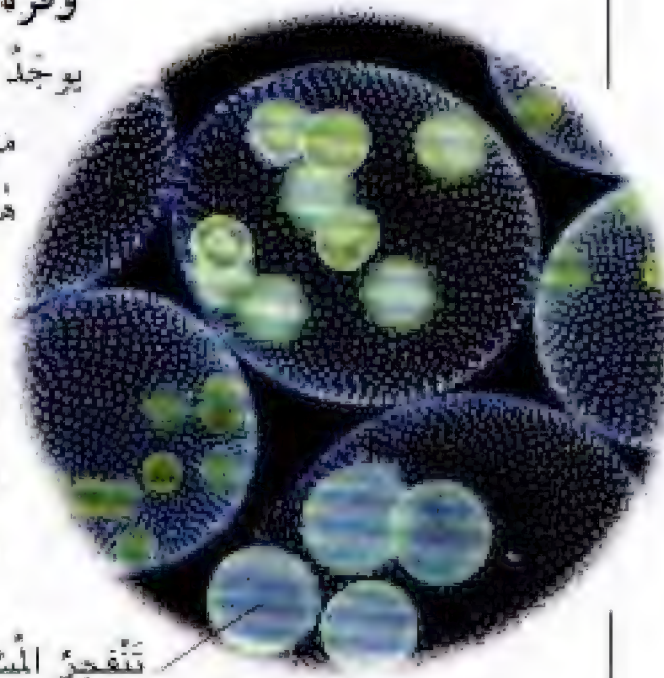
الكلب العملاق (ماكروسيستيس بيريفرا) هو أكبر الطحالب في العالم ومن أسرعها نمواً. ويستطيع عشب البحر هذا التحول من خلية وحيدة إلى نبتة طولها ٥٠ متراً في سنة واحدة، والأقدم عهداً قد يبلغ طولها ٢٠٠ م. ينمو الكلب العملاق في المياه الباردة على مقبدة من كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، حيث يُشكّل "غابات" تحت مائية، تُوفّر المأوى والغذاء للكثير من الحيوانات البحرية كالأسماك والقضاعات (ثعالب البحر).

## وفرة من الطحالب

يوجد أكثر من ٢٠,٠٠٠ نوع

من الطحالب، تتفاوت حجماً بين هذه النبتة المائية المجهرية المعروفة بالفولوكس وبين الكلب العملاق. يتألف الفولوكس من كرة خلايا موضوعة في وسط هلامي. وتتكون المستعمرات الوليدة داخل المستعمرة الأم ثم تنسب عندما تبلغ حجماً كافياً.

تنفجر المستعمرة الأم لتطلق المستعمرات الوليدة.



## استعمالات الأعشاب البحرية

لعلك تُصادف الأعشاب البحرية يوماً دون أن تدري. فخلاصات هذه الأعشاب تُستخدم عادة في تغليظ قوام البوظة، وفي المرطبات والغذاء ومعالجة الأسنان - وحتى في المتفجرات. والأعشاب غنية بالمعادن المفيدة، لذا تُجمع أحياناً لصنع المحضبات.

يُستخلص الكراغينان والألجينات من الأعشاب البحرية وتُستخدم كمغلفات لبعض الأطعمة.



نبتة السرخس (جيل بوغي)

لاقحة (زيجوت) تحت النبات المشيجي

الإخصاب

بيضة

نطفة

أبواغ

مُشيرة

بروتالوس (نابت الجيل المشيجي)

دورة حياة نبتة لا مزهرة نموذجية

## السراخس الشجرية

السراخس الشجرية أطول

النباتات اللمزهرة على اليابسة.

وهي تنمو غالباً في المناطق

المُدارية، وينمو البعض منها في

أماكن أبرد كنيوزيلندا.

للكلب، بدلاً من الساق العادية، سويقات مُطاطية متينة.

تحمل الكيديات شرائط

مسطحة أو شرائط

مُقطعة تشبه

الأوراق.

## الكيديات

الكيديات الطحلبية وثيقة الصلة

بالحزازيات. فهي نباتات

مُبطحة تشبه قطعاً من الشريط

الأخضر. ومع تقدم نمو النبتة

يتابع الشريط الانقسام إلى

اثنتين. تنمو الكيديات

في الأماكن الزائدة الرطبة، كالتجاويف

الصخرية وضياف الجداول.



يُزسي الكلب العملاق في قاع البحر مُثبت برساوي يشبه الجذور.



## الحزاز

كثلة الحزاز تتألف من تكافل نبات فطرية فوق صخر

أو جذع شجرة. يُطلق الحزاز أبواغاً من عُليّات

محمولة على سويقات صغيرة. وإذا تطلعت عن كثب

فقد تشاهد تلك العُليّات أحياناً.

ترسي الحزاز

شعيرات شبيهة

جذرية تدعى جذرائيات.

## لمزيد من المعلومات انظر

الخلايا ص ٣٣٨

التخليق الضوئي ص ٣٤٠

نظام النقل في النبات ص ٣٤١

التنفس الخلوي ص ٣٤٦

التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦

التناسل الجنسي ص ٣٦٧

حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



# الصنوبريات

الصنوبريات (أو المخروطيات) لا تزهر ولا تنبت من أبواغ، فكيف تتكاثر؟ والجواب هو أنها تُكوّن مخاريط (أكواز)؛ والمخروط ينتج إما خلايا ذكورية أو خلايا أنثوية، وتُنقل الخلايا الذكرية إلى الأنثوية لتكوين البُزور. والبزور، بخلاف الأبواغ، كاملة بمددها الغذائي للإنتاش. هنالك حوالي ٥٥٠ نوعاً من الصنوبريات كلها تقريباً شجرية، كأنواع الشوب (الشوح) والصنوبر، معظمها ذو ورق عسي رفيع، حُرشفيّ أو إبري، يحتمل البرد القارس. وفي بعض مناطق العالم القاسية برّد الشتاء تؤلف الصنوبريات حراجاً تمتد على مدى الأفق.



صنوبر الشيلي (متاهة القُرد)

صنوبر الشيلي (أروكاريا أوراكانا) من الصنوبريات غير العادية. فهو ثنائي المسكن تنمو أكوازه الذكرية والأنثوية على أشجار منفصلة، وأوراقه جلدية حادة.

## الأكواز والبزور

الأكواز القامة الثمور حاملة البزور مُعدّدة الأشكال والأحجام - معظمها خشبي، لكن بعضها ظريّ زعري الشكل. أكواز الصنوبر والراتنجية (بسيبا) تسقط غالباً بكاملها على الأرض، لكن كيزان الأزرق والشوب تنفتح ببطء على أغصانها.

تغلق الخراشف في طقس رطب.



تنفتح خراشف الصنوبر في الطقس الجاف لتطلق بُزورها.

كل حُرشفة تحمي زوجاً من البزور المُجنّحة.



## مُصيدة كهرمانيّة

احسّن هذا العنكبوت وحفظ منذ ملايين السنين في الكهرمان - الشمع الراتنجي المُستخرج فالراتنج شديد اللزوجة نستخدمه الصنوبريات لصد الحشرات عن لحاء الشجرة الصنوبرية يُزر هذا الراتنج إذا جرح، فيحبس الحشرات أو العناكب التي تلامسه.



أوراق الطّفّسوس (تْكسوس باكانا) الإبريّة المسطحة تنمو على جانبي الغصن المتقابلين.

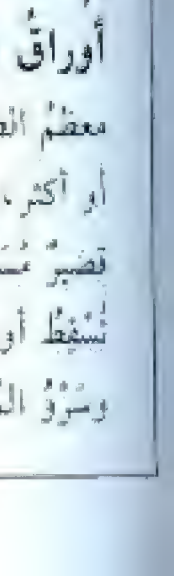
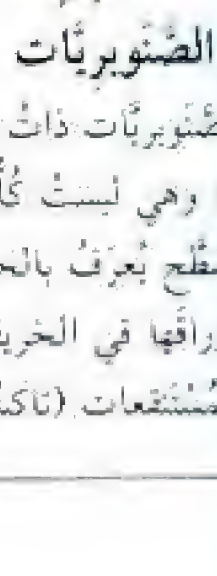
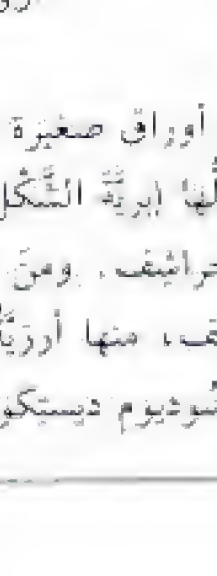
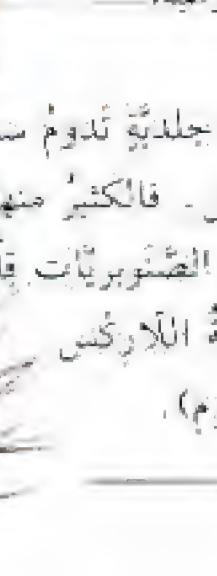
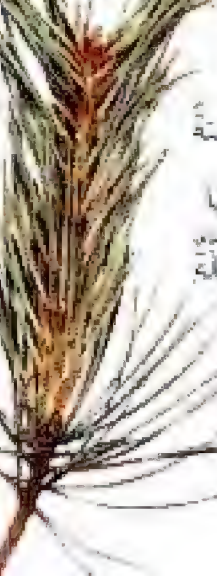
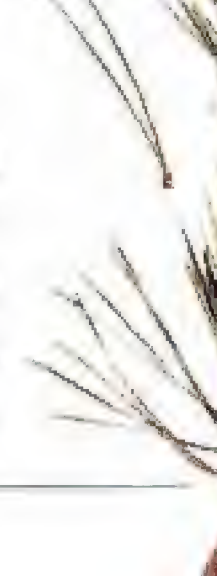


أوراق صنوبر اسكتلندا (بَيْس سِيلْفستريس) إبريّة رفيعة تنمو أزواجاً.

## أوراق الصنوبريات

معظم الصنوبريات ذات أوراق صغيرة جلدية تدوم سنة أو أكثر، وهي ليست كلها إبريّة الشكل. فالكثير منها قصير مسطح يُعرف بالخراشف. ومن الصنوبريات قلة تسقط أوراقها في الخريف، منها أوزيّة اللاركس وسُرّ المُستنقعات (ناكسوديوم ديستكوم).

أوراق اللاركس الإبريّة (لاركس ديسينثيا) تنمو في عناقيد وتسقط في الخريف.



يسقط الكور الذكرية الطريّ ملايين خنثيات الملقح (الخلايا الذكرية) في الهواء.



الأكواز الأنثوية الفتية تستوي قائمة على الأغصان؛ فيتم إخصاب خلاياها الأنثوية بخنثيات اللقاح الذكرية الساقطة عليها من الهواء.



## راتنجية سيكا

غدت راتنجية سيكا (بسيبا سيكنيز)، من صنوبريات أمريكا الشمالية، شجر حراجاً في جميع أنحاء العالم - لإفادة من خشبها الجيد ولصنع الورق. وهي أحادية المسكن لها أكواز ذكورية وأنثوية على الشجرة نفسها. ويمكن تعرف أنواع البسيبا من أوراقها الإبريّة الضلّية المُتصلة بأوتاد صغيرة على أغصانها. كما يمكن تلمس هذه الأوتاد على غصن عتيق تساقطت أوراقه.

أوراق الشكوية العملاقة (سكويادندرون جيجنتوم) دقيقة خُرشفية الشكل تكاد تمتد مُكيّنة على الأغصان.

## لمزيد من المعلومات انظر

- المناخات المُتغيرة ص ٢٤٦
- الزهرات (النباتات الزهرية) ص ٣١٨
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- غابات المنطقة المعتدلة ص ٣٩٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الزَّهْرِيَّات (النباتات الزهرية)

الأزهارُ بروائحها الزكية وأشكالها البديعة وألوانها الجذابة مُتعةٌ جماليةٌ للإنسان منذ القدم. لكنَّ الأزهارَ ما تنشأت لِتَمْتِعَنَا - بل هي تطورت كوسيلةٍ تناسلٍ بأعضائها الذكورية (الأسدية) الحيطية التي تحملُ حبوبَ اللقاح، والأنثوية (المِدَقَّة) التي يتلقَى ميسمُها حبوبَ اللقاح، فيوصلها عبرَ القلم لإخصابِ البويضات في المبيض. وقد تحوي الزهرةُ كلا الأسدية والمِدَقَّة أو تقتصرُ على أحدها. الزَّهْرِيَّاتُ أنواعٌ تزيدُ على ٢٥٠,٠٠٠؛ وتقسّمُ إلى فئتين رئيسيتين - ذواتِ الفلقتين، والوحيدة الفلقة. تتميزُ الثانيةُ بالفلقة الواحدة في جنين بذرتها وبالتعريق المُتوازي في أوراقها الطويلة؛ بينما بذورُ الأولى ثنائية الفلقة ومُتشابكةٌ تعريقُ الأوراق.

حبّيباتُ اللقاح من أزهارٍ أخرى تعلقُ على الميسم (السمة).  
زهرةُ الخشخاش يمتنعُ فيها إخصابُ البويضات  
ناتئًا باللقاح من مآبرِ أسديتها.

تنتجُ حبّيباتُ اللقاح (غبارُ الطلع) في مآبرِ الأسدية فتلتهمُ الحشراتُ الزائرة بغضه، وتنقلُ قسماً منه إلى أزهارٍ أخرى.

نبتهُ الخيار

زهرةٌ ذكوريةٌ

## التلقيحُ الرِّيحِي

يتمُّ تأييدُ (تلقيحُ) النباتات العشبية بواسطة الرِّيح، إذ تنقلُ مآبرها فتدرو الرِّيحُ غبارَ الطلع منها في الهواء. وتُشكلُ العشبيات إحدى كبريات فصائل النباتات الأحادية الفلقة.

زهرةٌ أنثويةٌ ذاتُ مبيضٍ طويل.



## الأشجارُ والزَّهر

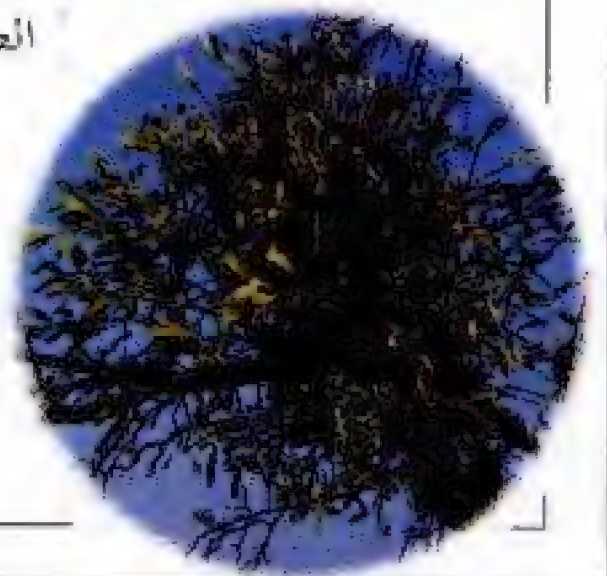
الشجرةُ نبتةٌ ذاتُ جذعٍ خشبيٍّ طويلٍ مُفَرَّد. بعضُ الأشجار صنوبريةٌ إبريةٌ أو حُرْشيفيةٌ الأوراق؛ ومئاتُ أخرى من الزَّهْرِيَّات عريضةُ الأوراق. أشجارُ الكرّز تنتمي إلى الفصيلة الورديّة من الزَّهْرِيَّات.



شجرةُ كرّزٍ مُزهرة (پروفس سزولانا)

## النباتاتُ الطُفيلية

بعضُ النباتات تُحتلِس كُلُّ غذائها أو بعضه من سواها. فجدورُ الهْدَال (فِسْكُوم أَلْبَم) تُخترقُ أغصانَ الشجر وتمتصُّ سُعْغها. والهِدَالُ جُرْئيُّ التطفل، إذ إنّه قادرٌ أيضاً، بأوراقه الخضراء، على تصنيع الغذاء بالتخليق الضوئي. أمّا الرِّفْلِيْزِيَا، برزهرتها العملاقة، المبيّنة على الصفحة المُقابِلة، فهي نبتةٌ طُفيليةٌ بالكامل.



## أزهارٌ مُنفصلةُ الجنس

خِلافًا لِزهرةِ الخشخاشِ الحُثَيّ (التي تحوي أعضاءَ الذكُورِ والأنثى معاً)، فإنَّ نبتةَ الخيار (كِيُوتُومِس ساتيفُس) ذاتُ أزهارٍ ذكوريةٍ أو أنثويةٍ منفصلةٍ. أمّا نبتةُ الكبوي المُسمّرة (أَكْتِينِيْدِيَا تَشَائِنِيْسِيْس) فأزهارها أحاديةُ الجنس إمّا ذكوريةٌ أو أنثويةٌ.



زهيراتُ القُرْصِ الصفراءُ تُنتجُ غبارَ اللقاح والبويضات.

زهيراتُ شعاعيةٌ



## زهرةٌ مُركّبة

زهرةُ الأَقْحُوَان (بَلِيْس بَرِيْس) زهرةٌ مُركّبة، يتألّف رؤسُها من زهيراتٍ عديدةٍ صفراءٍ لاطئةٍ في قرْصٍ وسطيٍّ تُحيط به زهيراتُ شعاعيةٌ حافيةٌ تحيلُ كُلُّ منها نويجيةً (بتلةً) واحدةً بيضاء.

نويجياتُ الخشخاش (المنثور) الزاهيةُ الألوان تُجذبُ النحل والخنافس والدباب. يُزعمُ زهرةُ الخشخاش تحميهِ وَرَيْفَتَانِ كَاسِيَتَانِ وهما تُسْقِطَانِ بعدَ تفتحِ الزهرة. زهرةُ الخشخاش المُفتحةُ تدوي في اليوم التالي.

الخشخاشُ من ذواتِ الفلقتين، أوراقه شبكيّةُ العروق، وأزهاره رباعيةُ النويجيات كالكنير من ذواتِ الفلقتين.

## الخشخاشُ الشائع

الخشخاشُ الشائع (البَرْقُوقُ أو الشَّقِيق) نبتةٌ زهريةٌ حويّيةٌ نموذجيةٌ؛ تنمو وتُزهر وتُبدّر وتموتُ في موسمٍ واحد. النباتاتُ الحويّيةُ سريعةُ النمو في أيّ بُعْعةٍ مكشوفةٍ من الأرض. فاليزورُ المُسمّرةُ تبقى هاجعةً حتّى تُصبحُ الأحوالُ ملائمةً لِلإنشاس. وقد يستغرقُ ذلك أحياناً عدّةَ سنوات. أمّا النباتاتُ المُعمّرةُ فتعيش أكثرَ من موسمٍ واحد؛ وهي ذاتُ جذورٍ مُتطوّرة - يُخترنُ بعضها الغذاء تحت الأرض في بُصيلاتٍ أو عَسَاقِيل. بعضُ المُعمّرات يُزهرُ مرّةً واحدةً، لكنَّ مُعظَمها يُزهرُ سنوياً.



## التلقيح بالحشرات

بالمقارنة مع الحشاش، فإن القمعية الأرجوانية (ديجيتاليس پورپوريا) ذات أزهار معقدة حقاً. فتويجيات الزهرة ملتصقة معاً كالقمع، وتمتد أعضاء الذكّر والتأنيث تحت سقف القمع. إن تشوُّ الشَّكل هذا يسمح لجنس واحد من الحشرات، هو النحل الطنان، بتلقيح الزهرة. في زهرة القمعية تنضج المايبر والسمة (الميسم) في أوقات متفاوتة بحيث يمتنع التلقيح الذاتي فيها. وعندما تدخلها نحلة طنانة فهي إما أن تجمع اللقاح عن مثير ناضج، أو تمسح اللقاح العالق بها من غير زهرة على السمة الناضجة. وتتكرر هذه العملية مع تنقل النحلة من زهرة إلى أخرى.

عندما تمس النحلة السمة تمسح عليها بعض اللقاح العالق بظهرها وأجنحتها.

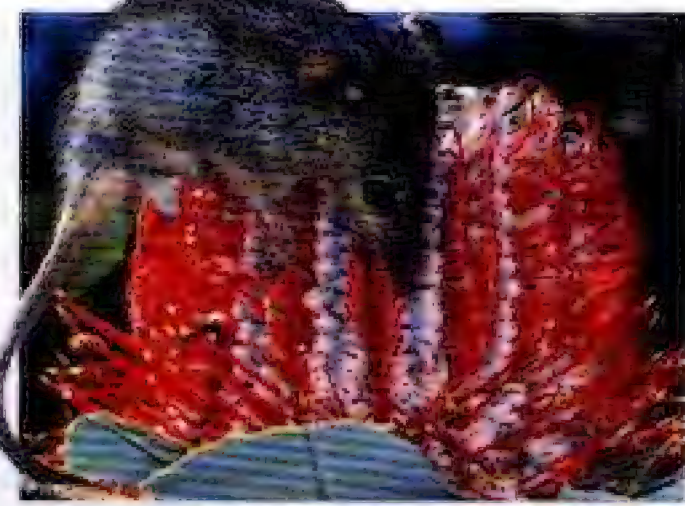


تنمو الأزهار القمعية بعضها فوق بعض في أعمدة طويلة، تتفتح الأزهار السفلية أولاً، وتنضج المايبر قبل السمة.



### زهرة عملاقة

تعيش نبتة الرافلزيا متطفلة بالكامل على جذور الدوالي (الكرمة) في جنوبي شرق آسيا. ويبلغ قطر زهرتها قرابة المتر، وهي الأثقل بين أزهار العالم. وتنبعث منها رائحة قوية كرائحة اللحم الفاسد تجتذب الذباب الملقح.



(تارسيوس رستراثوس)

### التلقيح بواسطة الحيوانات

أويوسوم غربي أستراليا الصغير (تارسيوس رستراثوس) يعتمد في غذائه بالكامل على الرحيق وخبيبات اللقاح. يمدد الأويوسوم لسانه الطويل الحريش إلى أعماق الأزهار، فتمسح خبيبات اللقاح من المايبر على وبرة بينما يعلق على الميسم خبيبات لقاح نقلها من أزهار أخرى. كذلك تقوم الخفافيش بتلقيح أزهار العديد من أجناس الأشجار الاستوائية.

#### لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

تزحف النحلة قُدماً لتصل إلى المثير (الرحيق) في آخر القمع.

### خبيبات اللقاح

خبيبات اللقاح مجهرية غالباً لكنها شديدة القسوة، ويغطي سطوحها عادة أنماط معقدة من الثغرات والتجاويف.

تختلف باختلاف أنواع النبات. بعض خبيبات اللقاح التي تنثرها الرياح لها شبة أشعة دقيقة تسوقها الرياح.



في خبيبات لقاح خشيشة السغال (سني) لأجوف فاراً أشواك حادة تغلق بؤبر الحشرات.

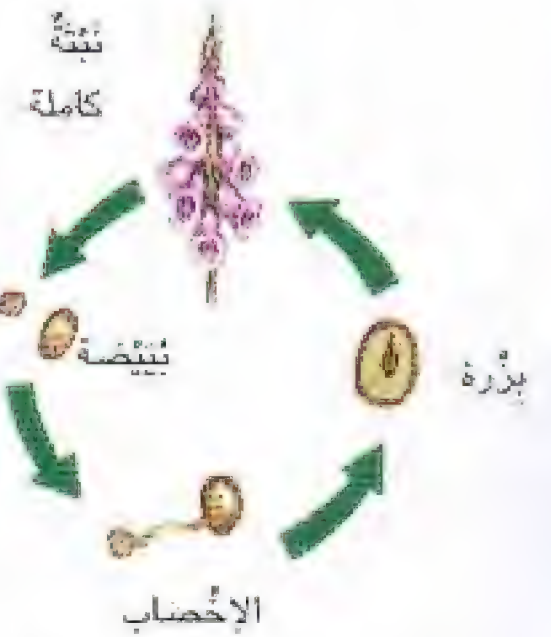
النواة الذكورية تسري نزولاً في أنبوب اللقاح.

### انتشار البزور

النباتات مُستقيمة لا تستطيع الحركة، لكنها طوّرت أساليب فذة لانتشار بزورها في كل مكان. فبزور زهرة الربيع (برميولا فلجارس) مزوودة بجسيمات غذائية خاصة ملتصقة بها. فتحمّلها النمل لتغذي بتلك الجسيمات "غارسة" البزور في أماكن مختلفة.



تحمل النمل بزور أزهار الربيع

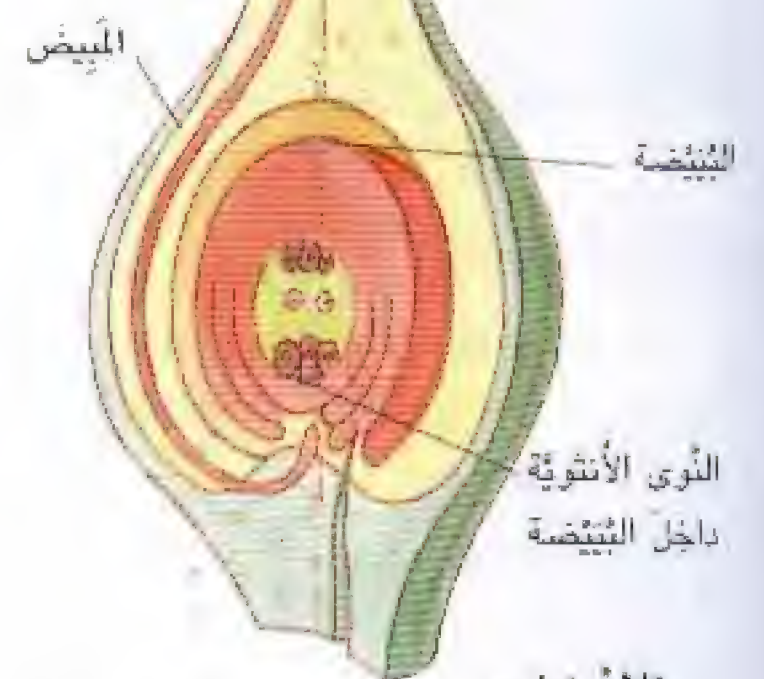


دورة حياة نبتة زهرة نموذجية

خبيبات اللقاح الحاوية النوى الذكورية تعلق على الميسم (السمة).



الميسم (السمة) المدقة أنبوب اللقاح ينمو نزولاً.



### الإخصاب

تجد نوى الخلايا الذكورية والأنثوية معاً قبل تكون البزور. فعندما تعلق خبيبة اللقاح على ميسم زهرة من النوع ذاته، تُثب الخبيبة بسرعة أنبوباً دقيقاً عبر الميسم والقلم إلى البَيضة. ويتم التلقيح عندما تتحد النوى الذكورية بالنوى الأنثوية، فيحدث الإخصاب.



# قناديل البحر والشقائق البحرية والمرجانيات

قناديل البحر والشقائق البحرية والإسفنج حيوانات لافقارية (عديمة الصلب). تُولف اللاقاريات حوالي ٩٧ بالمئة من جميع أنواع الحيوان على الأرض، وتوجد بأنماط وأشكال شاسعة مدى التباين، وأساليها في الأتداء والتناسل مختلفة ومتعددة. والكثير من اللاقاريات مائي العيش - بعضها يقضي حياته البالغة سابحاً أو منجرفاً مع التيار، بينما يظل البعض الآخر مثبتاً في بقعة واحدة. والحيوانات الحزازية والإسفنجيات ترشح غذاءها من الماء، أما قناديل البحر والشقائق البحرية والمرجانيات فهي من شعبة

النيداريات (القرصات) التي تهاجم فرائسها بخيوط لاصقة. والنيداريات كلها مدورة الأجسام دون رأس أو ذيل، وذات تجويف هضمي وحيد الفتحة.



مستعمرة حيوانات حزازية

تبدو المستعمرة الحيوانية الحزازية، بالعين المجردة، أشبه بنبتة. وهي، في الحقيقة مجموعة من آلاف الحيوانات الدقيقة، يعيش كل منها داخل حُجيرة ضيقة، ويختبئ طعامه بخلفه من اللوامس حول الفتحة الوحيدة. وإذا أزعج الحيوان تنكمش لوامسه داخل الحُجيرة.



الإسفنج

هل تعلم أن بعض أنواع إسفنج الحمام كان فيما مضى حيواناً بحرياً حياً؟ الإسفنج الحي مُغطى بخلايا خاصة مضخية الفل، فيسري الماء غير تقوب الإسفنج إلى الداخل، ويخرج عبر فتحة خاصة إلى الخارج بعد ترشيح واحتباس أي طعام سابع فيه بمصافي دقيقة إعداذاً لامتصاصه.



المرجانيات

بعض المَرَجَانِيَّات تعيش فرادى، وبعضها الآخر ينمو في مستعمرات كبيرة، ويتراكم بطء طبقة فوق طبقة مُشكلاً شُعاباً مَرَجَانِيَّة. والمرجان ليالي الاعتداء غالباً، فتلتقط لوامسه جسيمات الغذاء وتجرها إلى تجويفه الهضمي.

## لزيد من المعلومات انظر

- الكائنات الحية ص ٣٠٥
- النمو ومراحل ص ٣٦٢
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- الشواطئ ص ٣٨٥
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



## النيداريات

العامة الزرقاء الكيسية الشكل لشبونة برتغالية نذير خطر للحيوانات البحرية وللسباحين الذين يقاربونها. إن قناديل البحر الحقيقي هو، في الواقع، حيوان مفرد يسير عبر الماء بحركة نباضة. لكن الشبونة البرتغالية هي مستعمرة طافية من حيوانات عديدة من المَرَجَلات تعيش وتعمل معاً. بعض هذه المَرَجَلات يكون لوامس طويلة تلتصق الفرائس وترفعها إلى الداخل، وبعضها متخصص بهضم الطعام، بينما يقوم البعض الآخر بوظيفة التكاثر.

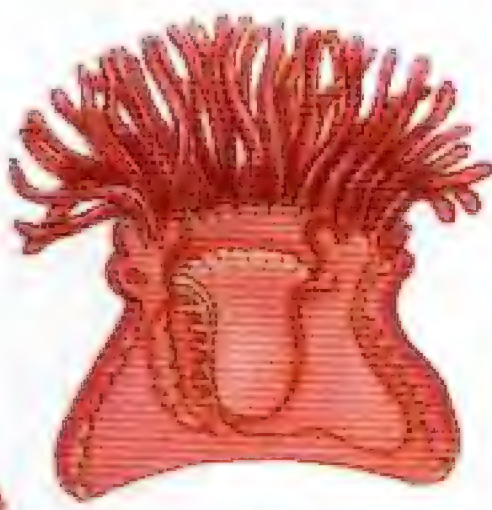
## الشقائق البحرية

تعيش فرادى أو في جماعات صغيرة.

خارج الماء



تحت الماء



## الشقائق البحرية

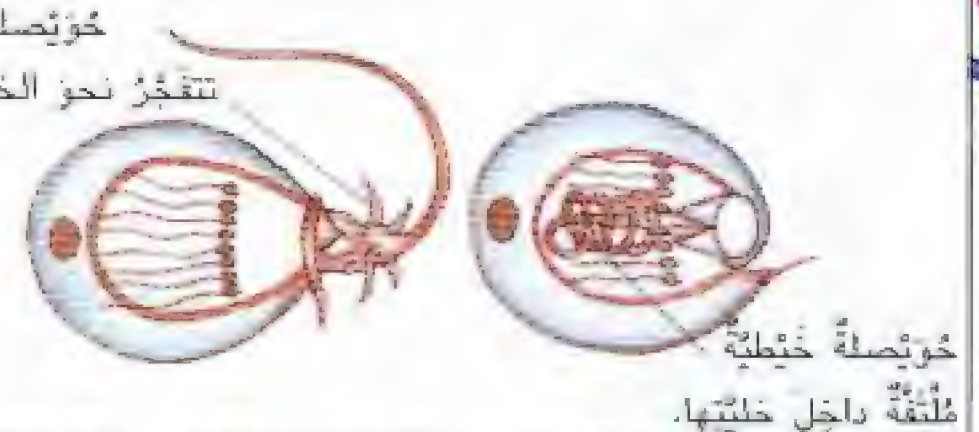
إذا استطلعت شاطئاً صخرياً بعد الجزر، فقد تجد أحياناً نواظف هلامية صغيرة لرجة لاصقة بالصخور - لعلها شقائق بحرية. ويثبت شقيق البحر بالصخر قرصاً مصاصي. وينشئ الشقيق خلفه لوامسه تحت الماء لتصيد الحيوانات العابرة بالبحر. فهاجماً إياها بخيوطه الخيطية (خيوطه اللاصقة). أما أثناء الجزر فيسحب شقيق البحر لوامسه إلى الداخل حتى لا تنجف.

## لسع قناديل البحر

لوامس قناديل البحر مغطاة بخلايا خاصة تحوي خيوطاً لاصقة وثيقة اللف تدعى خويصلات خيطية. فإذا لامس حيوان عابر إحدى تلك الخلايا، تنمجر الخويصلات الخيطية نحو الخارج، وفي غضون جزء من الثانية تنقلب الخيوط باطنها ظاهراً طاعة الفريسة بنهاياتها الحادة. معظم الخويصلات الخيطية يخزن الفريسة بالسّم، لكن بعضها يلتفت حول الفريسة لمنعها من الإفلات.

## خويصلة خيطية

تنمجر نحو الخارج.





## الديدان

إذا سرت على شاطئ البحر بعد الجزر،  
فقد تُشاهد لفائف من الرمل

الموجلي أشبه بمعجون أسنان انبتت من  
أنبويه. وهي في الواقع فضلات ديدان عروية  
حلقية خبيثة تحت سطح الرمل. هذه الديدان  
حيوانات ذات جسم طويل مُشدّف إلى حلقات  
عديدة؛ وهي كالخراطيم (ديدان الأرض)  
والعَلَق تنتمي إلى شعبة الحَلَقِيَّات (الديدان  
المُشدّفة) التي تولّف قسماً صغيراً من الديدان  
التي كُلّها حيوانات لافقارية. هنالك شعبتان  
أخريان كبيرتان من الديدان هما شعبة الديدان  
المُسطّحة وشعبة الديدان المدوّرة (الممسودة)؛  
وكِلتاها غير مُشدّفة يعيش الكثير منها طفيليّاً  
داخل الحيوانات الأخرى. والديدان الطفيلية  
عامّة الانتشار في الحيوانات البرية لكنّها تغزو  
أيضاً الحيوانات الداجنة والمُدَلّلة. ويتسبّب  
بعضها في أمراض تُصيب الإنسان كالعمى  
النهري (داء كلابية الذنب) وداء الفيل.



دورة حياة دودة مُشدّفة نموذجية  
الحلقات العائشة على اليابسة تنمو عادة داخل  
البويضات ثم تفقس بديناً مكتملة التكوين.

## الحلقات

الدودة العروية (أرينيكولا ماريتيما) دودة  
مُشدّفة تُغذي مُعظم حياتها في جحر  
نوني الشكل تحفره في الرمل الموجلي  
وتُبطنه بالمخاط كيلا ينهار؛ وهي تغتذي  
بصخ المياه عبره. تبتلع الدودة  
الجسيمات التي تحملها المياه وتهضم  
محتوياتها العضوية. ومن حين لآخر  
تعكس الدودة مسارها في الجحر حتى  
يبلغ ذيلها السطح، فتدق فضلات  
الرمل والوحل اللفائفية عليه.

## الديدان المُسطّحة

جسم الشريطية (الدودة الوحيدة)  
المُسطّح أشبه بمكنة طويلة  
يضع البيوض. تعيش الدودة  
في أمعاء الحيوانات المضيفة،  
كالقطط والكلاب، مُتنبّئة بها  
بواسطة الممصات والخطاطيف في  
رأسها. تمتص الشريطية الغذاء من  
عائلها (المضيف) وتطلق البيوض في  
أكياس تفصل عن جسمها.

## الخُرطون العملاقة

أستراليا هي موطن الخُرطون العملاقة  
(ميجاسكوليدس أوشتراليس) التي قد يزيد  
طولها على ٣ أمتار. وتعيش هذه الديدان،  
كأقاربها الأصغر، بأبتلاع التراب وهضم  
محتوياته العضوية.

## الفئران البحرية

الفأرة البحرية المُشدّفة (أفروديت أكيوليانا)  
هي دودة لا تشبه الديدان شكلاً. فهي  
بحجم قبضة يد شخص بالغ، ذات جسم  
مفلطح عريض هُلبيّ الهُدب. هذه الفئران  
تحفر جحوراً في الوحل والرمل في قاع البحر  
وتأكل ما يُصادفها من الحيوانات الصغيرة.

## المُعالجة بالعلق

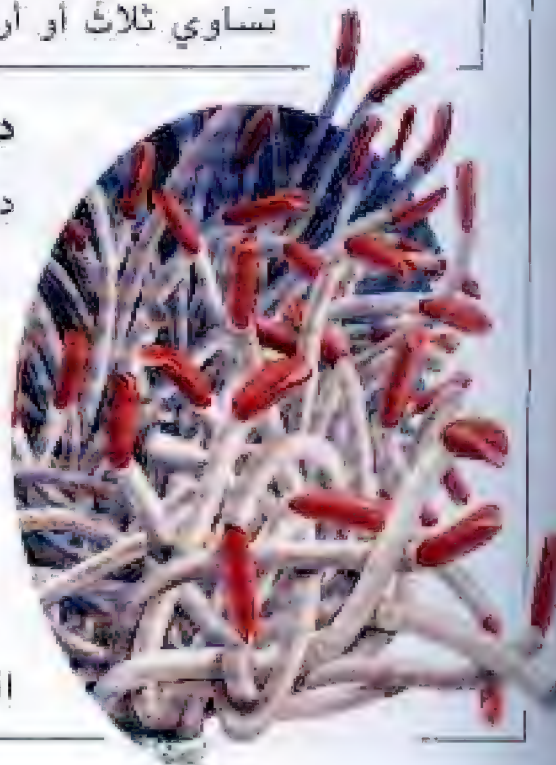
جسم العلق مُشدّف ذو مَمَص في  
كلا طرفيه. يغتذي الكثير من  
أنواع العلق بالدم؛ فيقرّز، بعد  
العض، مادة كيميائية مانعة  
للتجلط. وكان الأطباء فيما  
مضى يستخدمون العلق لِقُصْد  
الدم من المَرَضَى.



بإستطاعة العلق أن تمتص بسرعة كمية من الدم  
تساوي ثلاث أو أربع مَرَّات وزنها.

## ديدان الصدوع

ديدان الصدوع العملاقة هذه  
شُوهدت للمرّة الأولى عام  
١٩٧٧. فهي تستوطن قاع  
البحر حول قوّهات تندق  
منها المياه المُسخنة بُرْكانيّاً  
عبر قشرة الأرض. تحوي هذه  
الديدان ضرباً من البكتيريا يستفيد  
الطاقة من كيمائيات تلك المياه.



## الممسودات

## (الديدان المدوّرة)

تعيش الديدان المدوّرة طفيليّاً أو  
مُستقلّة، مُخبئة عادة؛ وتتواجد  
بأعداد هائلة في التربة وفي النباتات.  
ويقول علماء الأحياء أنّه لو أُزيلت  
أشجار حرجية وترك ما عليها من ديدان  
مدوّرة لظلّ موقع الحرجة بيّناً للبيان.



الصفريّة البشريّة  
(اسكاريس لمبريكويديس).

## لمزيد من المعلومات انظر

- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- الأغصاب ص ٣٦٠
- النمو ومراحله ص ٣٦٣
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- المحيطات ص ٣٨٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



# المفصليات

أكبر شعب اللافقاريات هي المفصليات. وهي حيوانات مُتمفصلة الأطراف، مُشدّفة الجسم ذات هيكل خارجي (قشرة صلبة خارجية). وهذا الهيكل مُتمفصل أيضًا بحيث تنثني أجزاؤه لتسمح للحيوان بالحركة. وخلال النمو يطرح الحيوان هيكله القشري هذا، من حين لآخر، ليتيسر لجسمه النمو والتّمدد. أنواع المفصليات المعروفة لدى علماء الأحياء تفوق المليون، ممّا يجعلها أضخم مجموعة من الأنواع الحيوانية على الأرض. تضم طائفة الحشرات قرابة ٩٠ بالمئة من هذه الأنواع، وتوزّع باقي أنواع المفصليات على طوائف العنكبوتات والقشريّات - (كالسرطان والكرگند) وكثيرات الأرجل (مزدوجات الأقدام - ألفية الأرجل، وشفوية الأقدام - مئوية الأرجل).



تعيش السرطانات (السلطعونات) العنكبوتية العملاقة في قاع البحر. إن قشرة الهيكل فيها مُعزّزة بالكالسيوم ممّا يجعلها صلبة بالغة التّانة.

ليس للمفصليات هيكل عظمي باطني.

## القشريّات

يعيش معظم القشريّات في البحر، وهذا يُسرّ لها النمو إلى أحجام أكبر من مفصليات اليابسة لأن الماء، بدفعه الطّفوي، يدعّم هياكل أجسامها الكبيرة. أضخم القشريّات هي السرطانات العنكبوتية (ماكروكيرا كيمبيري) التي قد تبلغ، مبسوطة الأرجل، ٣,٥ م. بالمقابل، فإن بعض القشريّات ضئيل الحجم جدًا؛ فبراغيث المياه العذبة، وهي من القشريّات، لا يزيد حجم الواحد منها على نقطة الكتابة. هذا وتعيش قلة من القشريّات، كحمار القبان على اليابسة وتنفس الهواء لكنّها، عادةً، بحاجة إلى الرطوبة.



الرّوج الأول من أرجل الحريش (أم أربع وأربعين) تطوّر إلى كلابتين سافيتين.



## مزدوجة الأقدام وشفوية الأقدام

مئويّة الأرجل وألفيّة الأرجل تبدو مُماثلة تمامًا عن بُعد؛ لكن يُمكنك التفرّق بينها بسهولة إذا ما تفحصتها بدقّة. فمئويّة الأرجل تحمل زوجًا واحدًا من الأرجل في كلّ شُدفة، بينما ألفيّة الأرجل، المُندمجة الشدّف زوجيًا، تبدو وكأنّ لها زوجيّ أرجل في كلّ شُدفة. كذلك فإن مئويّة الأرجل صيّادة تُسلّ فرائسها بكلابتها السافيتين، في حين تُعتدي ألفيّة الأرجل بالنباتات المُتحلّلة. وتُزغ كلا النوعين إلى العيش في المناطق الرطبة المُظلمة.

يتألف جسم ألفيّة الأرجل من شُدفٍ خلفيّة مُندمجة زوجيًا، فيبدو لها زوجان من الأرجل في كلّ شُدفة.

## العقارب

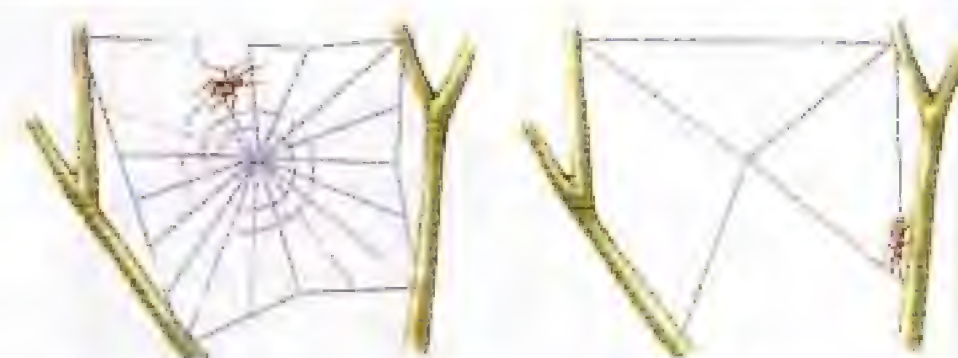
بعض العنكبوتات يتعهّد صغارها حتى تستطيع تدبّر أمورها بنفسها. فأشقر العنكبوت يلدّ صغارها مُكتملة الشّكل، فتُعطى العقربات ظهر الأم وتمكّث عليه محميةً بمخلب الدّبر السّام. ويُعدّ أن تُطرح الصغار جلدّها للمرّة الأولى تهبط من مُجنّتها إلى الأرض.



العنكبوت الوهقي يقنص فريسته بواسطة وَهقٍ دقيقيّ الطّرف، بدلًا من الشّع.

## غزل الشّع

يُنسج العنكبوت شُعّه من حرير غنيّ بالبروتين. ويتكوّن هذا الحرير داخل غُدّة خاصّة في بطن العنكبوت ثمّ يُدقّ سائلًا عبر فوهات دقيقة تُدعى المغازل. ويتجمّد الحرير السّائل بمُلاقاة الهواء؛ وقد يستغرق نسج شعّ دائريّ، كالمنين هنا، قرابة السّاعة.



يبدأ العنكبوت شُعّه بمنح خيوط حريريّة بين دعائم ثابتة. ثمّ يشدّ الخيوط مُستخدِمًا الخطاطيف والهُلُب على أقدامه. ثمّ يذوّر العنكبوت ناسجًا خيوطًا لولبيّة حتى يكتوّل شعّه. ثمّ يغطّي الشّع بقطرات دقيقيّة تُقنص الحشرات.

## العنكبوتات

العناكب والعقارب والقراذ والقمل تولّد طائفة من المفصليات تُدعى العنكبوتات - جميعها تقريبًا تستوطن اليابسة، ومُعظمها صيّاد. العنكبوت الوهقي يقنص فرائسه بتدويم وَهقٍ حريريّ دقيقيّ الطّرف في الهواء. فإذا علقت حشرة مارّة بالدقيق يشدّها العنكبوت نحوه ويلتهمها.



## الحشرات

لقد حقّقت الحشرات نجاحًا مُتميّزًا في العيش على اليابسة، وعزّز ذلك قدرته الكثير من أنواعها على الطيران. فالحشرة الطائرة تستطيع التجوال في مدى أوسع، وبذلك يتوفّر لها موارد أوفر من الغذاء. الرّتيّار (الدّبور) حشرة طائرة نموذجيّة يتقسّم الجسم فيها إلى رأسٍ وصدرٍ

وبطنٍ؛ ولها زوجان من الأجنحة وقرنا استشعار.

وهي، كما الخنافس والفراش، كائنة التحول في مراحل التّموّل.

تربّي صغار الرّتيّار في عُش برعاية

الكبار، لكنّ صغار معظم الحشرات تقوم بشأن أنفسها. تعيش الحشرات البالغة غالبًا في بيئة

تختلف عن بيئتها صغيرة - فبينما يعيش

السّرمان (أبو دقيق) البالغ في الهواء، فإنّ

يرقاته مائيّة العيش - علمًا أن بعض

الحشرات مائيّة العيش دومًا.



يحتوي عُش الرّتيّار ملكة واحدة تُضع البويض. الرّتيّار الأخرى، وهي نسلها، شغالات تجمّع الطعام وتعتني بالبويض والصغار

جناحا الرّتيّار والنحلة الخلفيّان يتصلان بالجناحين الأماميين بخطاطيف دقيقة.



في الرأس عَيْنَانِ مُرَكَّبَتَانِ كَبِيرَتَانِ وَقَرْنَا أَسْتِشْعَار. تُقَطِّعُ أَجْزَاءَ الْقَمِّ الطَّعَامِ وَتَعْلَقُ الْخَشَبَ عَجِينَةً لِصَنْعِ الْعُشِّ.

## حشرات عديمة الأجنحة

السّبيكة (لاحنة الشّكر) حشرة صغيرة عديمة

الأجنحة، يُعرف منها حوالي ٣٠٠ نوع، وهي،

كسائر الحشرات العديمة الأجنحة، تَعْتَنِي غَالِبًا

بالبساتين المنيّة. وتعيش أحيانًا داخل المنازل حيث

تَعْتَنِي بِفَضَلَاتِ الطَّعَامِ.

هذه الدّورة الحياتيّة نموذجيّة للحشرات الكائنة التحول في مراحل التّموّل.



دورة حياة حشرة نموذجيّة

## مبيدات الحشرات

بعض الحشرات نافع ومهم في التلقيح

التهجين (الخلطي) للنباتات المزهرة.

وبعضها شرّ يأكل الثّبت ويلحق أضرارًا بالغة

بالمحاصيل. يعتمد المزارعون إلى رشّ حقولهم

بالمبيدات الحشريّة للتخلّص من أضرار الحشرات.

لكنّ الكيماويّات المُستعملة، لسوء الحظّ، غالبًا ما

تقتل الحشرات المفيدة والضّارة معًا.



## الخنافس القاذبة (القاسياء)

طائفة الحشرات تُستخدَم وسائل

مُبيدّة، وغريبة أحيانًا، في صدّ

مُهاجمتها. فالحُفَساء القاذبة،

عند استشعار الخطر، ترمّ بطنها

فتمتزج بعض الكيماويّات فيه

وتتفاعل مُفجّرة من إسنها بخارًا سامًا

مُحرّشًا تقذف به مُهاجمها.



اشواك حادّة في كُلابتي الرّجلين الأماميتين تقبض الفريسة المُختبئة.

أجنحة الشّرعوفة (فَرَس النَّبِي) شبيهة بأوراق النبات

وارجلها أشبه بالسُّوق

## جان هنري فابر

عالِم الحشرات الفرنسي فابر

(١٨٢٣-١٩١٥) أجرى أبحاثًا

مُستقبِضة عن حياة الحشرات نشرها

في سلسلّة من الكُتب. وقد نجحت

مُلاحظات فابر، وموَاهِبُهُ الكُتَابِيَّةُ

والتصويريّة الغدّة في إثارة اهتمام

عظيم بطائفة الحشرات.



## الشّرعوفة نهّاجم فريستها

الشّرعوفة (فَرَس النَّبِي) بطيئة الحركة، لذا تعتمد التسلّل

والتمويه في أصطياد فرائسها. فهي تُخطّ على الثّبت طابويّة

أجنحتها ورافعة رجليها الأماميتين (كَمَن يرفع يديه توشلًا)،

وتنبّع مُنظرة. فإذا مرّت حشرة في مدى الضّربة قبضتها

برجليها الأماميين اللّتين تعملان، بأشواكهما الحادّة (بين

الشدّ والظّوب)، كالمُزْمَةِ - فلا تستطيع الحشرة خلاصًا.

## لمزيد من المعلومات انظر

الإصدار ص ٢٠٤

الرّهُويّات (النباتات الزّهريّة) ص ٣١٨

الدّم ص ٣٤٨

التّموّل ومراحلها ص ٣٦٢

الهيكل الدّاعمة ص ٣٥٢

الحركة ص ٣٥٦

التّناسل الجنسيّ ص ٣٦٧

خفائف ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الرَّخَوِيَّات

تولَّف الرَّخَوِيَّاتُ الشُّعْبَةُ الكُبْرَى الثَّانِيَّةُ مِنَ اللَّافَقَارِيَّاتِ. وَتَشْمَلُ أَكْثَرَ مِنْ ٩٠,٠٠٠ نَوْعٍ مُعْظَمُهَا مَائِيٌّ، وَالْقَلِيلُ مِنْهَا يَعِيشُ عَلَى الْيَابِسَةِ وَيَتَنَفَّسُ الْهَوَاءَ. الْجِسْمُ فِي الرَّخَوِيَّاتِ طَرِيٌّ غَيْرُ مُشَدَّفٍ تَقِيهِ غَالِبًا مَحَارَةٌ صُلْبَةٌ. تُقَسَّمُ الرَّخَوِيَّاتُ إِلَى ثَلَاثِ طَوَائِفٍ أُولَاهَا: بَطْنِيَّاتُ الْأَقْدَامِ، وَتَشْمَلُ الْبَطْلِينُوسَاتِ وَالْقَوَاقِعَ وَالْحِلْزُونَاتِ الْبَحْرِيَّةَ (الْوَلُكَاتِ)، وَهِيَ ذَاتُ مَحَارَةٍ لَوَلْبِيَّةٍ أَوْ هَرَمِيَّةِ الشَّكْلِ؛ وَيَنْتَمِي الْبَرَّاقُ إِلَى بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ لَكِنَّهُ غَالِبًا عَارٍ مِنَ الْمَحَارِ. ذَوَاتُ الْمِصْرَاعَيْنِ كَالصَّدْفِيَّاتِ وَبَلَحُ الْبَحْرِ، هِيَ ثَانِيَةُ الطَوَائِفِ، وَهِيَ رَخَوِيَّاتٌ مُزْدَوِجَةُ الصَّدْفَةِ يَتَّصِلُ مِصْرَاعَاهَا بِمُقَصِّلَةٍ. وَالطَّائِفَةُ الثَّالِثَةُ هِيَ رَأْسِيَّاتُ الْأَقْدَامِ، وَتَشْمَلُ الْأَخْطَبُوطَاتِ وَالسَّيْدَجَاتِ (الْحَبَّارَاتِ الْكَبِيرَةِ)، وَهِيَ ذَاتُ صَدْفَةٍ صَغِيرَةٍ مَخْفِيَّةٍ دَاخِلَ الْجِسْمِ.

## تَرَاجُجُ الْبَرَّاقِ

يَتَرَاجُجُ هَذَانِ الْبَرَّاقَانِ مُعَلَّقَيْنِ مِنْ خَيْطٍ مُخَاطِيٍّ لِرَجٍّ. يَمْلَأُ الْبَرَّاقَيْنِ لَحْمِيٌّ (مُزْدَوِجُ الْجَنْسِ)، فَيَعْنِدُ التَّرَاجُجَ يَتَلَفَّ جَسْمَاهُمَا وَيَبَادِلَانِ التَّلَافَ عَنِ أَعْضَاءِ تَنَاسُلِيَّةٍ خَاصَّةٍ، ثُمَّ يَضَعُ كُلُّ بَرَّاقٍ بِيوضَهُ لَاحِقًا. وَالْمِيزَةُ الْخُتْمِيَّةُ لَيْسَتْ غَرِيبَةً فِي عَالَمِ الرَّخَوِيَّاتِ؛ فَبَعْضُ مِنْهَا يَبْدَأُ حَيَاتَهُ ذَكَرًا أَوْ أُنْثَى ثُمَّ يَتَحَوَّلُ إِلَى الْجَنْسِ الْآخَرِ تَالِيًا.

البرِّاقُ الْكَبِيرُ (لِيْمَاكْسُ مَأكْسِيْمُوسُ)



الْإِحْضَاكُ دَاخِلِيٌّ فِي قَوَاقِعِ الْيَابِسَةِ. فَالْصَّغَارُ تَنْتَشِأُ دَاخِلَ الْبَيْضُوتَةِ ثُمَّ تَنْقُصُ قُوَّتُهَا صَغِيرَةً.



## بَطْنِيَّاتُ الْأَقْدَامِ

الْوَلُكُ الشَّائِعُ (بِكْسِيْتِيُومُ أَنْدَاثُومُ) رَخَوِيٌّ مُنَوِّجٌ مِنَ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ؛ لَهُ قَدَمٌ غَضَلِيَّةٌ كَبِيرَةٌ وَمَحَارَةٌ مُلْتَفَّةٌ نَتًّا (بِاتِّجَاهِ عَقَارِبِ السَّاعَةِ) - عَلَمًا أَنَّ قِلَّةً فَقْطً مِنْ مَحَارِ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ تَلْتَفُ بِالْأَتَّجَاهِ الْمُعَاكِسِ. الْمَحَارَةُ تُفَرِّزُهَا طَبَقَةٌ خَاصَّةٌ مِنَ الْجِسْمِ تُدْعَى الدُّثَارُ. يَعِيشُ الْوَلُكُ تَحْتَ الْمَاءِ وَيَتَنَفَّسُ بِالْخِيَاشِيمِ، بَيْنَمَا الْمَتَّعَبُ فَوْقَ الرَّأْسِ يُجْرِي الْمَاءَ إِلَى الْحَجَرَةِ الَّتِي تَحْتَوِيهَا.

## الْمَخْرُوطِيَّاتُ الْمُفْتَرِسَةُ

الْمَحَارُ الْمَخْرُوطِيَّةُ، مِنْ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ، تُهَاجِمُ فَرَانِسَهَا بِسَمٍّ قَاتِلٍ. فَإِذَا مَا اقْتَرَبَ حَيَوَانٌ ضَمَنْ مَدَى الضَّرْبَةِ، يَنْقُضُ الْمَخْرُوطِيُّ خُرْطُومَهُ كَالْخَرْبَةِ بِسُرْعَةٍ حَاقِقًا فَرِيْسَتَهُ بِسَمٍّ شَالٍ. إِنَّ سَمَّ بَعْضِ الْمَخْرُوطِيَّاتِ قَاتِلٌ حَتَّى لِلْبَشَرِ!

بَلَحُ الْبَحْرِ الشَّائِعُ (مَيْتِلُوسُ إِدْيُولِيَسُ)



بَلَحُ الْبَحْرِ الشَّائِعُ (مَيْتِلُوسُ إِدْيُولِيَسُ)

## ذَوَاتُ الْمِصْرَاعَيْنِ

تَقْضِي بَلَحُ الْبَحْرِ مُعْظَمَ حَيَاتِهَا مُتَمِثَّةً فِي الْمَصْحُورِ بِخَيْوِطٍ لَيْفِيَّةٍ مُتَمِثَّةٍ. وَهِيَ، كَمُعْظَمِ ذَوَاتِ الْمِصْرَاعَيْنِ، تَضَخُّ الْمَاءَ عَنِ خِيَاشِيمِهَا، وَتَغْتَذِي بِالْجُسَيْمَاتِ الْغِذَائِيَّةِ الصَّغِيرَةِ الَّتِي تُحْتَسِسُ مِنَ الْمَاءِ الْعَابِرِ. بَعْضُ ذَوَاتِ الْمِصْرَاعَيْنِ حَفَّارٌ وَمُنْتَقِلٌ - بَلْ إِنَّ الْقَلِيلَ مِنْهَا، كَالْإِسْقَلُوبِ (الْمَحَارِ الْمِرْوَحِي)، سَبَّاحٌ.



الْأَخْطَبُوطُ الشَّائِعُ (أَكْتُوْبِسُ قُلْجَارِسُ)

## رَخَوِيٌّ ذَكِيٌّ

الْأَخْطَبُوطَاتُ ذَاتُ بَصَرٍ حَادٍّ وَأَذْمِغَةٍ كَبِيرَةٍ؛ وَلَعَلَّهَا الْأَذْكَى بَيْنَ الْفَقَارِيَّاتِ. فَهِيَ تَتَذَكَّرُ الْأَشْكَالَ وَالْأَلْوَانَ وَتَجِدُ السَّبِيلَ إِلَى طَعَامِهَا بِسُرْعَةٍ. وَهِيَ، كَالْحَبَّارَاتِ، تَسْتَطِيعُ التَّحَرُّكُ بِسُرْعَةٍ شَخَّ نَافُورَةً مَائِيَّةً إِلَى الْخَلْفِ عَنِ غَضَبٍ فَمَعِيٍّ.

## رَأْسِيَّاتُ الْأَقْدَامِ

السَّيْدَجَاتُ (أَوْ الْحَبَّارَاتُ) الْعِمْلَاقَةُ هِيَ الْأَكْبَرُ بَيْنَ رَأْسِيَّاتِ الْأَقْدَامِ، وَالْأَكْبَرُ أَيْضًا بَيْنَ اللَّافَقَارِيَّاتِ. تَعِيشُ الْحَبَّارَاتُ فِي أَعْمَاقِ الْبَحَارِ حَيْثُ تَصْطَادُ فَرَانِسَهَا بِوَسْطَاتٍ تُعْطِلُهَا الْمَمْسَاتُ. وَهُنَاكَ قِصَصٌ وَرَوَايَاتٌ عَدِيدَةٌ غَيْرُ مُوثَّقَةٍ عَنِ سَيِّدَجَاتِ هُولِيَّةٍ؛ لَكِنْ يُعْرَفُ أَنَّ الْعِمْلَاقَ مِنْهَا قَدْ يَتَجَاوَزُ طَوْلَهُ ١٥ م.

## لَمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْهَيَاكِلُ الدَّاعِمَةُ ص ٣٥٢
- الْحَرَكَةُ ص ٣٥٦
- الدَّمَاغُ ص ٣٦١
- النُّمُوُّ وَمَرَاجِلُهُ ص ٣٦٢
- التَّنَاسُلُ الْجِنْسِيُّ ص ٣٦٧
- خَفَاتِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٠



# نَجْمُ الْبَحْرِ وَالزَّقِيَّات

يُؤَلَّفُ نَجْمُ الْبَحْرِ وَقُرْبَاهُ مِنْ قَنَافِذِ الْبَحْرِ وَخِيَارِ الْبَحْرِ شُعْبَةً مِنَ الَّلَافَقَارِيَّاتِ، تُدْعَى شَوْكِيَّاتُ الْجِلْدِ (الشُّوكْجَلْدِيَّاتِ)، تَتَمَيَّزُ بِأَجْسَامِ خُمَاسِيَّةِ الْبِنْيَةِ. فَنَجْمُ الْبَحْرِ مِثْلًا، لَهُ فِي الْغَالِبِ خَمْسُ أَذْرُعٍ، وَخَمْسُ مَجْمُوعَاتٍ مِنَ الْأَعْضَاءِ التَّنَاسُلِيَّةِ، وَجِهَازٌ هَضْمِيٌّ خُمَاسِيٌّ التَّفَرُّعِ. وَشَوْكِيَّاتُ الْجِلْدِ جَمِيعُهَا ذَاتُ هَيْكَلٍ دَرَقِيٍّ صَفَائِحِيٍّ كِلْسِيٍّ. أَمَّا التَّجَاجِاتُ الْبَحْرِيَّةُ فَتُؤَلَّفُ شُعْبَةً مُنْفَصِلَةً تُدْعَى الزَّقِيَّاتِ تَتَمَيَّزُ بِأَجْسَامٍ طَرِيَّةٍ كَيْسِيَّةِ الشَّكْلِ، وَيَرَقَانَاتٍ شُرْعُوفِيَّةٍ.



**الأقدام الأنبوبية**  
في الجانب السفلي من ذراع  
نجم البحر صفان من الأقدام الأنبوبية  
المُعَبَّاةُ بِالماء، تَرَبِّطُهَا شَبْكَةٌ مِنَ الْأَقْنِيَّةِ  
الِدَاخِلِيَّةِ. الْقَدَمُ الْأَنْبُوبِيَّةُ تَنْتَهِي بِمِصَصٍ،  
وَيُمْكِنُ تَحْرِيكُهَا مُسْتَقِلَّةً عَنْ سِوَاهَا.  
وَتُسْتَخْدَمُ هَذِهِ الْأَقْدَامُ لِلتَّحَرُّكِ  
وَقَبْضِ الْفَرَانِسِ.

الشَّجَر

إذا فقد نجم البحر  
ذراعًا يستطيع  
إِنْمَاءَ أُخْرَى  
مَكَانَهَا.

## شَوْكِيَّاتُ الْجِلْدِ

نَجْمُ الْبَحْرِ، كَسَائِرِ الشَّوْكِيَّاتِ، ذُو هَيْكَلٍ صَفَائِحِيٍّ كِلْسِيٍّ تَكْسُوهُ طَبَقَةٌ خَلَوِيَّةٌ رَقِيقَةٌ. وَتُغَطِّي الصَّفَائِحَ ثَوَاتٌ صَغِيرَةٌ وَأَشْوَاكٌ - إِضَافَةً إِلَى كَلَابَاتٍ صَغِيرَةٍ تَمْنَعُ صَغَارَ الْحَيَوَانَاتِ مِنَ الْاسْتِقْرَارِ عَلَيْهَا. وَالصَّفَائِحُ مُتَمَفِّصَةٌ تُسَمِّحُ لِلْحَيَوَانَاتِ بِالتَّحَرُّكِ. الْفَمُّ فِي نَجْمِ الْبَحْرِ بِتَوْسِطِ الْأَذْرُعِ فِي جَانِبِ جَسْمِهِ السُّفْلِيِّ؛ وَهُوَ عِنْدَمَا يَغْتَذِي، يَدْفَعُ بِمَعْدَتِهِ خَارِجًا غَيْرَ الْفَمِ قَالِيًا إِيَّاهَا ظَهْرًا لِيَطْنُ.



## دورة حياة حيوان شوكي نموذجي



لِلتَّرَقَانَاتِ حَبْلٌ  
ظَهْرِيٌّ - وَهَذَا  
يُعْتَبَرُ سَلِيفَ  
الصُّلْبِ فِي  
الْفَقَارِيَّاتِ.

## الزَّقِيَّات

تَجَاجِاتُ الْبَحْرِ الْبَالِغَةُ حَيَوَانَاتٌ صَغِيرَةٌ تَسْتَصْفِي الْغِذَاءَ مِنْ مِيَاهِ الْبَحْرِ؛ وَهِيَ تَعِيشُ فَرَادَى أَوْ جَمَاعَاتٍ مُتَنَصِّفَةً بِالصُّخُورِ غَالِبًا. أَمَّا التَّرَقَانَاتُ فَتَسْبُحُ بِحُرِّيَّةٍ، وَتَبْدُو مُخْتَلِفَةً تَمَامًا، إِذْ هِيَ شُرْعُوفِيَّةُ الشَّكْلِ.

تَبْرُرُ الْأَقْدَامُ الْأَنْبُوبِيَّةُ  
غَيْرَ الثَّقُوبِ.

يَعِيشُ دَوْلَارُ الرَّمْلِ  
فِي قَاعِ الْبَحْرِ فِي  
الْمِيَاهِ الضَّخْلَةِ،  
وَيَغْتَذِي بِجَمْعِ  
الْجُسَيْمَاتِ  
الدَّقِيقَةِ الصَّالِحَةِ  
لِلْأَكْلِ.

## دَوْلَارُ الرَّمْلِ

دَوْلَارُ الرَّمْلِ قَنْفَذٌ بَحْرِيٌّ فَصِيرُ الْأَشْوَاكِ مُقْلَطُحُ الدَّرَقَةِ جَدًّا، بَحِثٌ يَبْدُو كَقُرْصٍ مِنَ الْبَسْكَوَيْتِ أَوْ كَقِطْعَةٍ نَقْدِيَّةٍ مَعْدَنِيَّةٍ كَبِيرَةٍ. وَعِنْدَمَا تَنْبَرِي الْأَشْوَاكُ بِالْحَبِّ بَعْدَ مَوْتِهِ، يُمَكِّنُكَ مُشَاهَدَةُ نَمَطِ مُغْلَزٍ مِنَ الثَّقُوبِ حَيْثُ كَانَتْ تَبْرُرُ الْأَقْدَامُ الْأَنْبُوبِيَّةُ سَالِفًا.

دَرَقَةٌ (هَيْكَل)

## قَنَافِذُ الْبَحْرِ

تَبْدُو قَنَافِذُ الْبَحْرِ مُخْتَلِفَةً جَدًّا، فِي شَكْلِهَا، عَنْ نُجُومِ الْبَحْرِ، لَكِنَّ بِنْيَةَ الْجَسْمِ تَحْتَ الْأَشْوَاكِ خُمَاسِيَّةٌ مُتَمَاثِلَةٌ الْأَجْزَاءِ. دَرَقَةُ قَنْفَذِ الْبَحْرِ مُسْتَدِيرَةٌ، وَالْفَمُّ فِي الْجَانِبِ السُّفْلِيِّ مِنْهَا. يَغْتَذِي الْحَيَوَانُ بِالرَّحْفِ فَوْقَ الصُّخُورِ كَاشِطًا مَا عَلَيْهَا مِنْ لَبَنَاتٍ وَحَيَوَانَاتٍ صَغِيرَةٍ بِأَسْنَانِهِ الْخَمْسِ.



## أَشْكَالُ نُجُومِ الْبَحْرِ

هُنَالِكَ حَوَالَى ٢٠٠٠ نَوْعٍ  
مِنْ نُجُومِ الْبَحْرِ الْعَادِيَّةِ،

تَعِيشُ فِي مِيَاهِ الْبَحْرِ فَقَطْ كَسَائِرِ شَوْكِيَّاتِ الْجِلْدِ. وَالشَّاطِئِيَّةُ مِنْهَا، كَمَا تَرَى الْمِيَاهِ الضَّخْلَةَ، تَغْتَذِي بِحَيَوَانَاتٍ حَيَّةٍ غَالِبًا. وَيُسْتَخْدَمُ نَجْمُ الْبَحْرِ أَقْدَامُهُ الْأَنْبُوبِيَّةُ لِيَفْتَحَ عَنُودَ أَصْدَافِ الرِّخْوِيَّاتِ ذَوَاتِ الْبُضْرَاعَيْنِ، ثُمَّ يَغْتَذِي بِدَفْعِ مَعْدَتِهِ فِيمَا بَيْنَ الْبُضْرَاعَيْنِ. أَمَّا نُجُومُ الْبَحْرِ الْقُصْفَةُ وَالرَّيْشِيَّةُ فَتَعِيشُ فِي مِيَاهِ الْأَعْمَاقِ، وَتُسْتَخْدَمُ أَقْدَامُهَا الْأَنْبُوبِيَّةُ الطَّوِيلَةَ فِي تَجْمِيعِ جُسَيْمَاتِ الْغِذَاءِ الدَّقِيقَةِ، ثُمَّ تَدْفَعُ بِهَا إِلَى الْفَمِّ فِي وَسْطِهَا.

نَجْمُ الْبَحْرِ الشُّرْقِيَّ



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- التَّمَوُّ وَمَرَاكِجُهُ ص ٣٦٢
- التَّنَاسُلُ الْجِنْسِيُّ ص ٣٦٧
- الشَّوَابِي ص ٣٨٥
- الْمُحِيطَاتُ ص ٣٨٦
- حِفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٠



# الأسماك

منذ ما يزيد على ٤٠٠ مليون سنة كانت تسبح في بحار العالم حيوانات مُدرَّعة غريبة تُدعى مَحَارِيَاتِ الجِلْد. لم يكن لها فُكَّان ولا زعانف، لكن كان لها عمود فقاري جعلها أولى الفقاريات على الأرض. حاليًا تعيش الأسماك، وهي السلائل المائية لتلك الحيوانات، في شتى بحار العالم وبحيراته وأنهاره. الأسماك خارجية الحرارة (باردة الدم) - تتغير درجة حرارتها تبعًا لمحيطها، ويقل نشاطها بانخفاض درجة حرارة البيئة. هنالك أكثر من ٢١٠٠٠ نوع من الأسماك، وهي في معظمها ذات فكين، مَشِيْقَةُ الجِسْم ومُغَطَّاة بالحرشيف غالبًا. والأسماك تتنفس الأكسجين المُذاب في الماء بواسطة الخياشيم.



## أسنان القرش

أسنان القرش هي نسخة من الحرشيف أكبر وأحد من تلك التي تغطي جسده. تنمو أسنان القرش باستمرار، وكأنها على خط إنتاج، بدءًا من مؤخرة الفك - مُتَنَقِّلَةً قَدَمًا وتُدْرِيجِيًا حتى تُصْبِح في مُقَدِّمَةِ الفم. وإذا سقطت إحداها سرعان ما تحل السن الخلفية محلها.



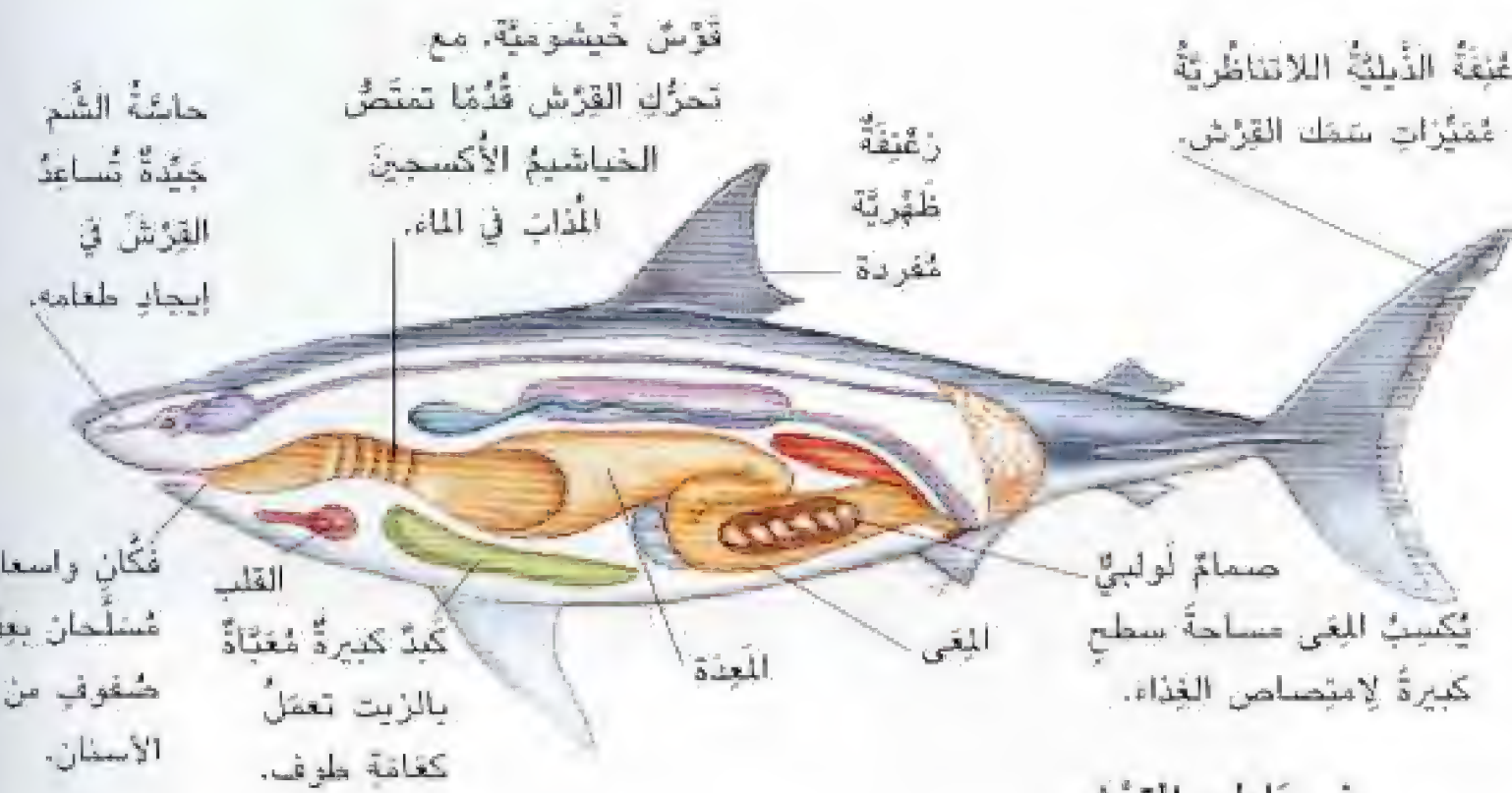
زوج من الزعانف الصدرية يُستخدم للتوجيه وضبط السرعة والتوازن.

حرشيف متراكبة شنيئة الشكل

غلاف البيض معلق حول عُشِيَّة بحرية.

## كَلْبُ الْبَحْرِ

كَلْبُ الْبَحْرِ قُرْشٌ صَغِيرٌ يَسْتَوِطِنُ الْمِيَاءَ الضَّحَلَةَ. عِنْدَ التَّرَاوُجِ يُخْصِبُ الذَّكَرُ بِيوضَ الْأُنْثَى دَاخِلَ جِسْمِهَا. ثُمَّ تَضَعُ الْأُنْثَى بِيوضَهَا فِي غِلَافَاتٍ جِلْدِيَّةٍ تَعْلُقُ حَوْلَ الْأَعْشَابِ الْبَحْرِيَّةِ. وَالْمَعْرُوفُ أَنَّ كِلَابَ الْبَحْرِ لَا تَحْرُسُ بِيوضَهَا.



الرَّغِيْفَةُ الذِّلِيَّةُ اللَّائِنَاتُورِيَّةُ مِنْ شُمُوزَاتِ سَنَكِ الْقُرْشِ.

رَغِيْفَةُ ظَهْرِيَّةٌ مُفْرَدَةٌ

قَوْسٌ خَيْشُومِيَّةٌ. مَعَ تَحَرُّكِ الْقُرْشِ قُدَمًا تَمْتَصُّ الْخِيَاشِيمُ الْأَكْسِجِينَ الْمَذَابَ فِي الْمَاءِ.

حَادِثَةُ الشَّمِّ جَيِّدَةٌ تُسَاعِدُ الْقُرْشَ فِي إِيجَادِ طَعَامِهِ.

فُكَّانٌ وَاسِعَانِ مُسَلَّحَانِ بِوَدَّةٍ صُفُوفٍ مِنَ الْأَسْنَانِ.

الْقَلْبُ كَبِيرَةٌ مُغَطَّاةٌ بِالزَّيْتِ تَعْمَلُ كغَافَةِ طَورَفٍ.

كَبِيرَةٌ لَوَلْبِيَّةٌ يُكْسِبُ الْمَعَى مَسَاحَةً سَطْحٍ كَبِيرَةً لِامْتِصَاصِ الْغِذَاءِ.

المعدة

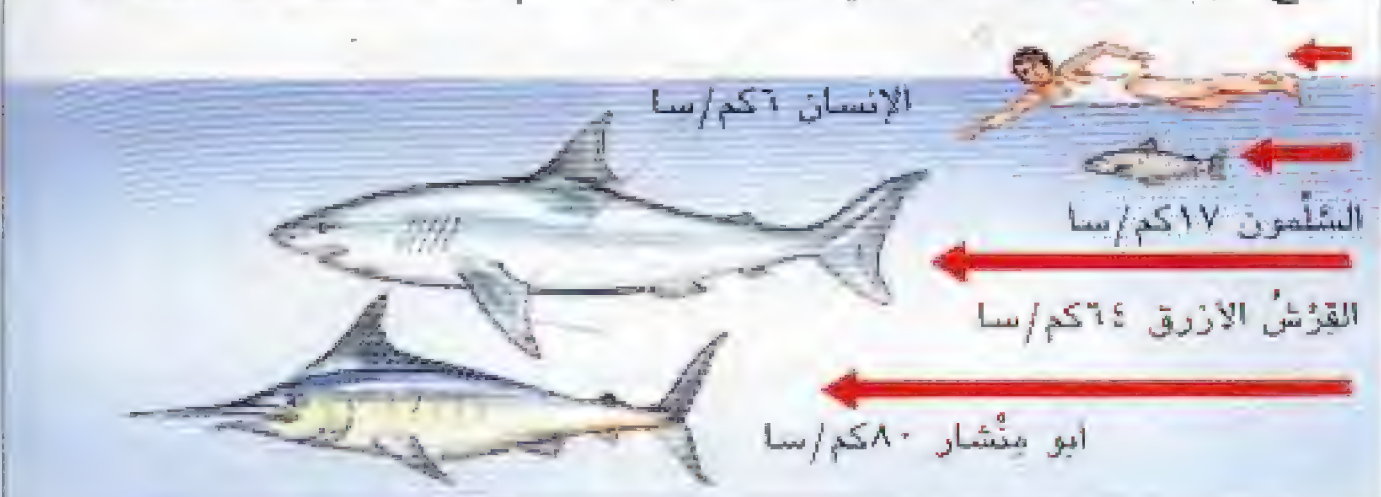
المعوى

## في باطن القرش

يتألف جسم القرش في معظمه من عضلات يستخدمها في السباحة؛ وهي مُرتَبَةٌ فِي كُتَلٍ شَدِيدَةٍ كَمَا فِي سَائِرِ الْفَقَّارِيَّاتِ. وَيَلْتَفُّ جُزْءٌ مِنْ مَعَى الْقُرْشِ لَوَلْبِيًّا فَيَكْسِبُ الْمَعَى الْقَصِيرَ مَسَاحَةً سَطْحٍ كَبِيرَةً لِامْتِصَاصِ الْغِذَاءِ. كَمَا تُسَاعِدُ الْكَبِدُ الْكَبِيرَةُ عَلَى بَقَاءِ الْقُرْشِ طَافِيًّا.

## سُرْعَاتُ الْأَسْمَاكِ

على العموم تزداد سرعة السمكة بزيادة أنسيابيتها جسمها. ومعظم الأسماك أسرع سباحة من الإنسان الذي معدل سرعته ٦ كم/سا، للمسافات القصيرة.



## الأسماك العديمة الفكّين

فئة من الأسماك، كالجلكي والجرث، تحوي بعض سمات الأسماك البدائية. فهي عديمة الفكّين والزعانف الزوجية؛ وفتحات خياشيمها كؤات لا شقوق. هنالك قرابة ٧٠ نوعًا فقط من هذه الأسماك. تعيش الجلكي البالغة طفيليًا على الأسماك الأخرى، فيما تستضي صغار الجلكي الجسيمات الغذائية من الماء.

فم الجلكي البالغة ذو خطاطيف (كلاليب) مُرَبَّةٍ خَلْقِيًّا تُمَكِّنُهَا مِنَ التَّعَلُّقِ بِالْأَسْمَاكِ الْآخَرَى وَامْتِصَاصِ دِمَائِهَا.





## الأسماك العظمية

السلمون المرقط (الثروة) وجميع الأسماك المبيضة في هذه الصفحة، تنتمي إلى فئة الأسماك العظمية - كبرى فئات الأسماك الثلاث. هذه الأسماك لها هيكل عظمي، وجراب خاص مليء بالغاز، يدعى المثانة الهوائية، يعمل كغامة داخلية. وتغطي أجسامها عادة خراشيف دويرية مسطحة رقيقة، والخياشيم مبدسة خلف بركة تسمى الوصاد. وخلال الـ ٢٥٠ مليون سنة الأخيرة، نشأت ضروب مذهبة من الأسماك العظمية المختلفة الأشكال والألوان والحجوم.



### الأسماك الطائرة

السكة الطائرة تفلت من أعدائها بالإنطلاق في الهواء مُندفعة عبر سطح البحر لتتساقط طائرة في الهواء قرابة ١٠٠م قبل أن تعود ثانية في الماء. إن "جناحي" السكة الطائرة هما زعنفتان مضخمتان. لأنواع السمك الطائر زوج واحد من الزعانف أو زوجان، كهذه السكة أعلاه.

الاسماك العظمية داخلية الإخصاب في معظمها، فهي تضع البيض ملقحا أو تلد صغارها أحياء.

الرغيفة الظهرية تكسب السكة استقرارا واتزاناً. الزعانف مدعمة بشعير جاستة، وهي تتحرك مستقلة لتغير اتجاه السكة.

خراشيف شراكية رقيقة ثقُل الاحتكاك بين السكة والماء.

الرأس شغلي بصفايح عظمية



يتنفس في الثروة فجأة وتريعا لاستيقاظ الحيوانات الصغيرة.

تغطي الخياشيم وصاد تساعد حركته، فتأ وغلقا، في ضخ الماء فوقها.

زعنفتان صدريتان لتوجيه الحركة.



### الأسماك الشبيهة

الخطر الأعظم المخلوق بمعظم الأسماك مصدره الأسماك المفترسة الأخرى. السكة الشبيهة (دايودون هيستريكس) تنقي هذا الخطر بابتلاع جرح كبيرة من الماء حتى تنتفخ كالبالون فتتنصب أشواكها. وبالرغم من أنها تكاد لا تستطيع السباحة متفوخة، فإنها بأشواكها المستنصبة في مامن من أي هجوم.

الاسماك العظمية طويلة الأمعاء بلا صمامات لولبية. المثانة الهوائية مغلدة لطفوية متعادلة بحيث لا تغلو السكة في الماء ولا تغوص. الخواص خاصة في الخط الجانبي (أنبوب تحت الجلد، في جانبي الجسم، يملؤه مائع) تكشف حركة التيارات أو الحيوانات الأخرى في الماء.

### أسماك الأعماق

في أعوار البحر السحيقة لا يوجد ضوء ولا نبات؛ فعلى الكائنات في تلك الأعماق إما أن تعتدي بالقضلات، الهابطة من الطبقات العليا، أو بالحيوانات الأخرى. والأسماك الحفاسية هي من بين أغرب الأسماك في قاع البحر؛ وهي تفتت باللافقاريات والأسماك الصغيرة، وتجول متناقلة باستخدام زعانفها.



سكة حفاسية حمراء (هالوتيا سيلاتا)



### فرس البحر

الكثير من الأسماك العظمية تضع أعدادا لا خطر لها من البيض، ولا تهتم برعاية صغارها لاحقاً، بخلاف فرس البحر. فأنتى فرس البحر تضع عدداً قليلاً من البيض في جراب خاص على بطن الذكر الذي يحضن البيض حتى نفقس، ثم يقوم على رعاية الصغار. وهكذا، فبالرغم من أن أفراس البحر تضع بيوضاً أقل، إلا أن كلاً منها تغطي بفرصة أوفر للبقاء.

للانفليس زوج من الزعانف الصدرية، ولا زعنفة خوضية. (هيبوكامبوس هوابتي)



### الأنفليس (ثعبان السمك)

الأنفليس يشبه الثعابين في شكله العام، لكن زعانفه وخياشيمه يبين أنه من الأسماك. أنفليس الموري الأخضر (جمنثوراكس برازينوس) نموذجي لخصيلته، يكمن في المخايي الصخرية ويهاجم الحيوانات العابرة بأسنانه الحادة. تبدأ دورة حياة الأنفليس كيرقانة دقيقة مختلفة الشكل تماماً عن الأنفليس البالغ؛ وتستغرق اليرقانة عدة سنوات للنمو إلى طور البلوغ.

### لمزيد من المعلومات انظر

- التنفس ص ٣٤٧
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الجلد ص ٣٥٤
- الحركة ص ٣٥٦
- الحواس ص ٣٥٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢، ٤٢٠



## البرمائيات

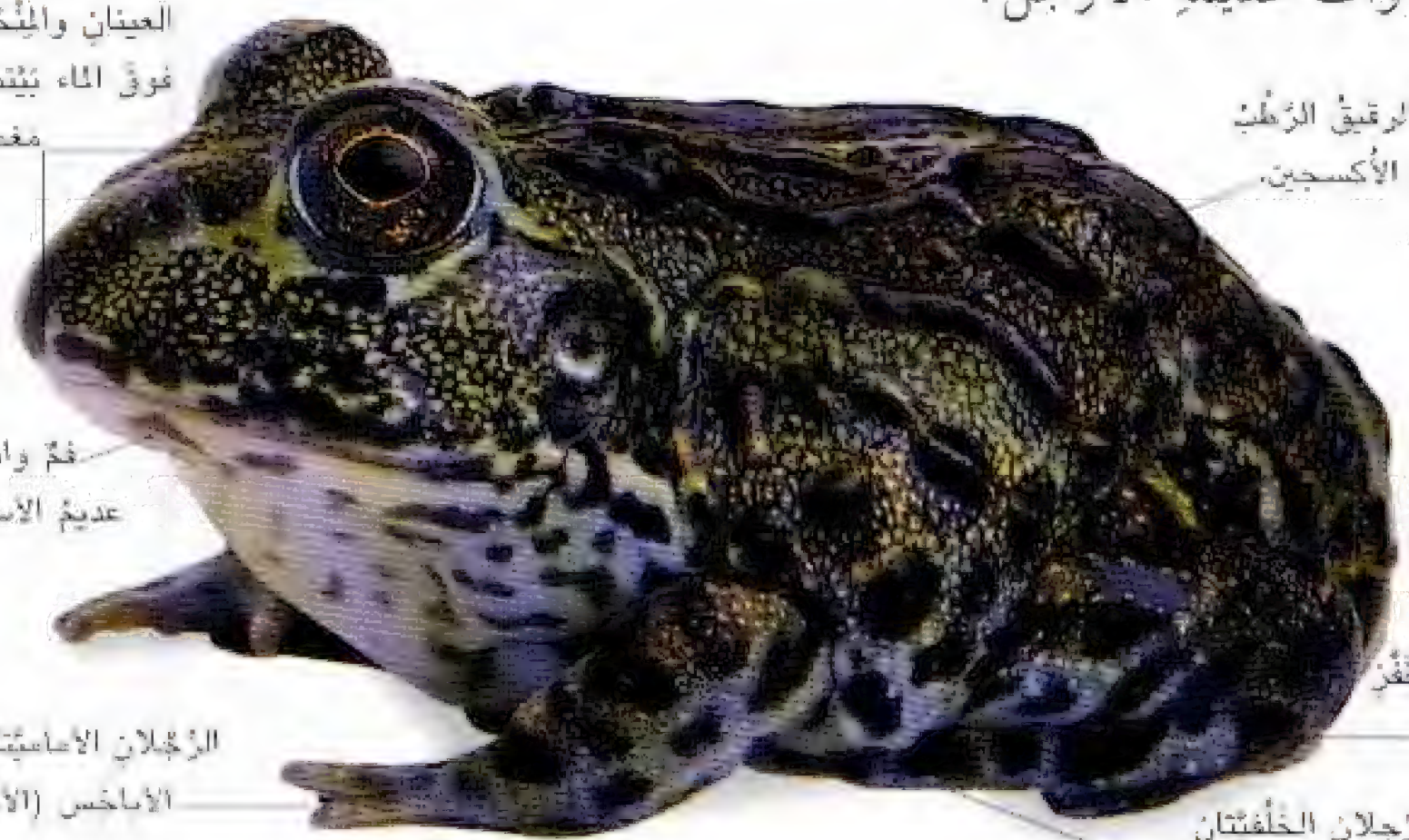
تحتل البرمائيات (أو القوازي) موقعًا خاصًا في تطوّر الحياة على الأرض. فأشلافها كانت أولى الفقاريات التي خرجت من الماء لتقضي جزءًا من حياتها على البر. ولا يزال معظم الأربعة آلاف نوع من البرمائيات الحالية يُقسّم حياته بين الماء والبر - لكن بطرق مختلفة. وتقضي قلة من البرمائيات كل حياتها تقريبًا في الماء كالسمندر المكسيكي الذي يحتفظ بخياشيمه وطوره اليرقاني المسمّى أجزولوثل. لكن البرمائيات في معظمها تقضي حياتها البالغة على البر، وتعود إلى الماء فقط للتزاوج. طائفة البرمائيات عديمة الحراشف عادة، لكن جلدّها على العموم رطب فضفاض. وهي خارجيّة الحرارة (باردة الدّم)، وتقسّم إلى ثلاث رتب: البتراوات (اللاذليّة) كالضفادع والعلاجيم، والدوائل (الضفدعيّات اللاذليّة) كالسمادر والسمادل، والقطعاوات عديمة الأرجل.



الضفادع الطيارة

الضفدع الطيارة (راكوفورس سوداء الأكت)، في جنوبي شرق آسيا تصطاد الحيوانات الصغيرة على الشجر. وهي لا تنقل من شجرة إلى أخرى، تُذف بنفسها في الهواء ناشرة أقدامها السكّفة كمظلات صغيرة تميلها بالقدر اللازم لضبط اتجاه انسيابها.

العينان والمختران يطلّان فوق الماء، يبقما الجسم مغمور.



الجلد الرقيق الرطب يمتص الأكسجين.

فم واسع عديم الأسنان

الرجلان الأماميتان رباعيتان الأماخس (الأصابع)

الرجلان الخلفيتان طويلتان مهابتان للقفز والسباحة.

الرجلان الخلفيتان خماسيتان الأماخس



دورة حياة برمائي نموذجي

### ضفادع خازنة للماء

بعض الضفادع والعلاجيم تتجاوز موسم الجفاف بحفر جحور تحت الأرض تُغلّف نفسها فيها بغشاء مائي للماء. فالضفدع الأسترالي الخازن للماء (النوع سبكتورانا) يقضي حياته البالغة في معظمها تحت الأرض. وحالما يستطع المطر، يخرج الضفدع غشاءه ويحفر طريقه ضعدًا إلى السطح.



### اللاذليّات (البتراوات)

البتراوات برمائيات لاذليّة قصيرة الأجسام قويّة الأرجل. ذكر الضفدع هذا (بيكسييفالوس أدسيرسوس)، من جنوبي إفريقيا، مفترس قويّ يبتلي بالهونات الصغيرة والزواحف، كما بالضفادع الصغيرة. وهو، كسائر الضفادع، رقيق الجلد يتطلب الترطيب المستمر. أمّا العلاجيم فجلدّها عادة أجفّ تكسوه الثآليل. على البر، تتحرّك الضفادع قفزًا، بينما العلاجيم تمشي غالبًا، وكلاهما ذو رشتين داخليتين بسيّتين.

### ضفادع السمّ الثبلي

ضفدع السمّ الثبلي الإيهامي الحجم (فيللوبيتس تريبليس) يستوطن غابات أمريكا الوسطى والجنوبية، وهو الأخطر بين جميع البرمائيات. وتُنبذ ألوانه الزاهية الحيوانات الأخرى بأن جلده ينتج سمًا قاتلًا. ويستخدمه هنود الغابات ذلك السمّ لصنع النبال المسمومة الرؤوس لاصطياد الحيوانات.



يقرّر السمّ من غدّد على جلد الضفدع.

### أولى البرمائيات

أقدم الأحافير البرمائية المُكشّفة تعود إلى كائن يُدعى إكثيوسيجا، عاش منذ حوالي ٣٧٥ مليون سنة. كان طوله حوالي المتر، وجسمه مهيكلًا إنسيبيًا منمكي الشكل، وكان ذا أرجل قويّة تحمله على اليابسة.

اضلاع قويّة احتملت وزن الأعضاء الداخلية.



### العناية بالبيض

معظم الضفادع والعلاجيم تضع مئات أو آلاف البيض وتتركها. وهناك أنواع تضع بيوضًا أقل، لكنها تُرعاها بعناية أكثر. فذكر الغلجوم القابلة (البيس أسترليكاس) يلفّ بيوض الأنثى حول رجليه؛ وعندما توشك الشرابيع على التفريخ يحملها إلى الماء.



## الدَّوَال (الضَّفَدِيَّات الذِّلِيَّة)

هذه البرمائيات أطول أجساماً من البتراوات وأصغر أرجلاً، بعضها ذو أذيال مُفلطحة يُستخدمها في السباحة. السَّمْنَدُ النَّارِي (سَلَمَنْدَرَا سَلَمَنْدَرَا) ذو ألوان زاهية، كما ضَفْدَعُ السَّمِ النَّبْلِي، لِيَتَحَذَّرَ مِنْ أَنْ جِلْدُهُ سَامٌّ. تَتَوَاجَدُ السَّمَادِلُ وَالسَّمَادِرُ بِضُورَةٍ رَاسِيَّةٍ فِي نَصْفِ الْكَرَةِ السَّمَالِي، وَتَسْتَوِطُنُ الْمِيَاءَ، أَوِ الْأَمَكَنَةَ الرُّطْبَةَ كَأَرْضِيَّةٍ الْجَرَّاجِ. تَتَزَاوَجُ سَمَادِرُ النَّارِ عَلَى الْبَرِّ، وَتَمُو الْبِيوضُ وَتَقْفُسُ دَاخِلَ جَسْمِ الْأُمِّ.



يُفَرِّجُ جِلْدُ سَمْنَدَرِ النَّارِ مَادَّةً كِيمَاوِيَّةً سَامَّةً.

بِخِلَافِ الضَّفَدَةِ وَالْعَلَّاحِيَّةِ، السَّمَادِلُ وَالسَّمَادِرُ لَا تَقْفُسُ أَذْيَالَهَا فِي مَرَاهِلِ النَّمُو.

السَّمَادِرُ صَغِيرَةٌ الْإِبَاحِيسَ، وَأَقْدَامُهَا غَيْرُ مُكَفَّفَةٍ.

٢. بَعْدَ سِلْسِلَةٍ مِنَ الْحَرَكَاتِ يَسْتَقَرُّ الذَّكَرُ أَمَامَ الْأُنْثَى، وَعِنْدَمَا تَضَعُ رِزْمَتَهُ النَّطْفِيَّةَ فَتَهْبِطُ الْأُنْثَى فَوْقَهَا لِتَدْخُلَ النَّطَافُ جِسْمَهَا.

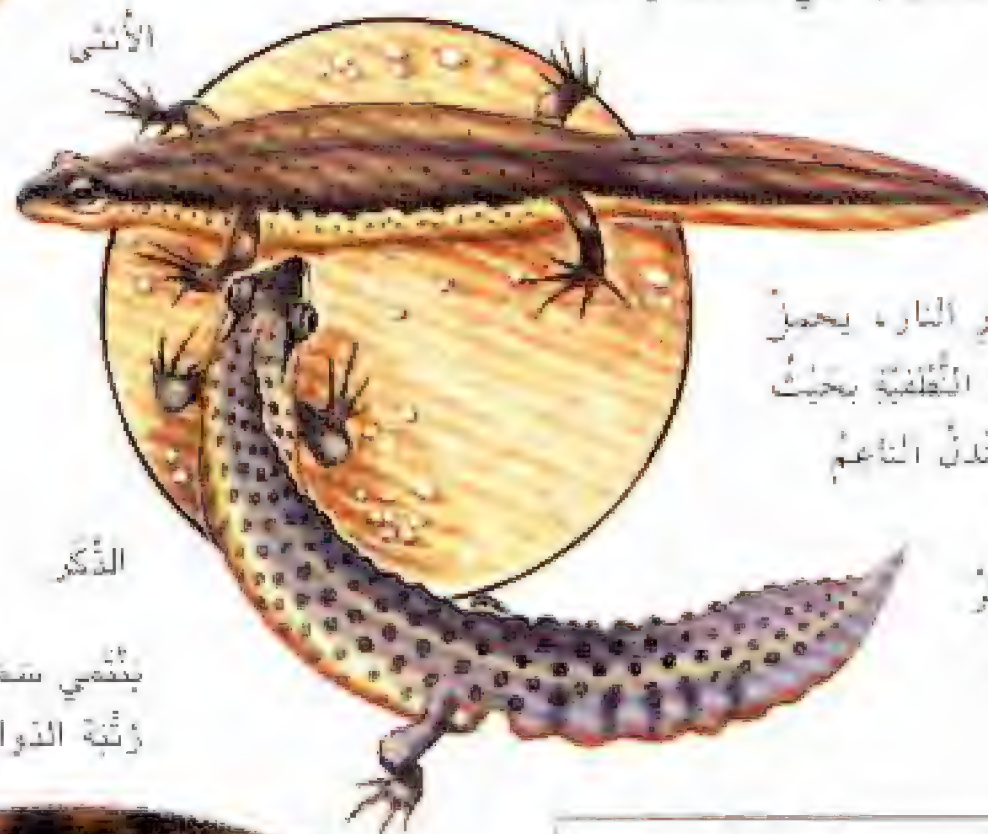
٢. ثُمَّ يَسْبِغُ الذَّكَرُ أَمَامَ الْأُنْثَى وَيَسْتَقَرُّ مُتَعَامِلًا بِحَيْثُ يَسُدُّ عَلَيْهَا الطَّرِيقَ، ثُمَّ يُلَوِّحُ بِذَيْلِهِ ضَاحِكًا رَاحِتَةً نَحْوَهَا.



١. تَبْدَأُ رَقِصَةُ السَّمْنَدَلِ النَّاعِمِ تَحْتَ الْمَاءِ عِنْدَ اقْتِرَابِ الذَّكَرِ مِنَ الْأُنْثَى وَضَعِهَا جَانِبِيًّا، وَبِاسْتِطَاعَتِهِ سَمُّ "رَانِحَةٍ" الْكِيمَاوِيَّاتِ الَّتِي تُطْلَقُهَا فِي الْمَاءِ.

## رَقِصَةُ التَّوَدُّدِ

عِنْدَ تَزَاوُجِ السَّمَادِلِ أَوِ السَّمَادِرِ، يَضَعُ الذَّكَرُ رِزْمَةً مِنَ النَّطَافِ فَتَنْقَطُّهَا الْأُنْثَى. وَفِي حَالِ سَمْنَدَرِ النَّارِ، يَحْمِلُ الذَّكَرُ الْأُنْثَى ثُمَّ يَتْرُكُهَا فَوْقَ رِزْمَةِ النَّطْفِيَّةِ بِحَيْثُ تَدْخُلُ النَّطَافُ جِسْمَهَا. أَمَّا السَّمْنَدَلُ النَّاعِمُ (تْرِيبُورِسُ فُلْجَارِس) فَالْمُبِيرُ هُنَا، فَيَتَزَاوَجُ تَحْتَ الْمَاءِ، وَيُوَدِّي الذَّكَرُ رَقِصَتَهُ أَمَامَ شَرِيكَتِهِ قَبْلَ التَّزَاوُجِ.



يَنْقُصِي سَمْنَدَلُ الْأَلَمِ إِلَى رُتْبَةِ الدَّوَالِ.

## الْقَطْعَاوَات (الْأَقْدَمِيَّات)

الْأَقْدَمِيَّاتُ حَيَوَانَاتٌ مَائِيَّةٌ أَوْ جَائِرَةٌ تَسْتَوِطُنُ الْمَنَاطِقَ الْمَدَارِيَّةَ، وَهِيَ عَدِيمَةُ الْأَرْجُلِ، أَسْطَوَانِيَّةُ الشَّكْلِ أَشْبَهُ بِالْبِيدَانِ أَوِ الشَّعَابِينَ الْمَنَاطِطِيَّةِ الصَّغِيرَةِ فَمِنْهَا بِالْبَرْمَانِيَّاتِ، لَكِنْ بَعْضُهَا يَضَعُ بِيوضًا تَقْفُسُ مِنْهَا شَرَاغِفٌ خَيْشُومِيَّةٌ، مِمَّا يَرْبِطُهَا مُبَاشَرَةً بِالسَّمَادِرِ وَبِالْبَرْمَانِيَّاتِ الْآخَرَى.



الْأَقْدَمِيَّاتُ لَهَا أَغْيُنٌ، وَلَكِنَّهَا شَبِيهَا غَمِيَاءَ.

الْأَقْدَمِيَّاتُ، فِي مُعْظَمِهَا، مُغْلَمَاءٌ بِصَفَائِحَ قَرْنِيَّةٍ.



## السَّمْنَدَرُ الْمِكْسِيكِيُّ (أَجَزُولُونَل)

السَّمْنَدَرُ الْمِكْسِيكِيُّ (أَمَسْتُومَا مِكْسِيكَانَم) يُدْعَى أحيانًا "بِيَتْرَ بَان" الْبَرْمَانِيَّاتِ، لِأَنَّهُ يَحْتَفِظُ بِشَكْلِهِ الْبَرْمَانِيَّاتِي. تَسْتَوِطُنُ هَذِهِ السَّمَادِرُ بُحَيْرَاتٍ مُغْبِيَّةً فِي الْمِكْسِيكِ، وَتَبْدَأُ حَيَاتَهَا شَرَاغِفَ ذَاتِ خَيَاشِيمٍ رَاسِيَّةٍ كَالكَثِيرِ مِنَ السَّمَادِرِ غَيْرِهَا. لَكِنْ بَدَلُ أَنْ تَقْفُسَ خَيَاشِيمَهَا وَتَسْتَوِطُنَ الْبَرِّ، تَبْقَى هَذِهِ السَّمَادِرُ عَادَةً فِي الْمَاءِ، وَتَتَزَاوَجُ دُونَ تَغْيِيرِ شَكْلِهَا.



## حَيَاةُ الظُّلْمَةِ

يَسْتَوِطُنُ سَمْنَدَلُ الْأَلَمِ (بِرُوتِيوسُ أَنْجُونِيوس) كُهُوفَ الشُّحُورِ الْكَلْسِيَّةِ الْعَمِيقَةِ فِي جَنُوبِ أَوْرُوبَا. جِسْمُهُ هَذَا الْكَائِنُ رَفِيعٌ كَالْفَلَمِ، وَأَرْجُلُهُ ذَفِيفَةٌ، وَعَيْنَاهُ صَغِيرَتَانِ يُغْطِيهِمَا الْجِلْدُ فَيَكَادُ لَا يَرَى. تَعِيشُ السَّمَادِلُ هَذِهِ فِي الْبَرَكِ وَالْأَنْهَارِ الْجَوْفِيَّةِ، وَتَعْتَذِي بِالْحَيَوَانَاتِ الْمَائِيَّةِ الصَّغِيرَةِ؛ وَهَنَالِكَ سَمَادِرُ مُمَائِلَةٌ تَسْتَوِطُنُ كُهُوفَ جَنُوبِي يَكْسَاسَ، بِالْوَالَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

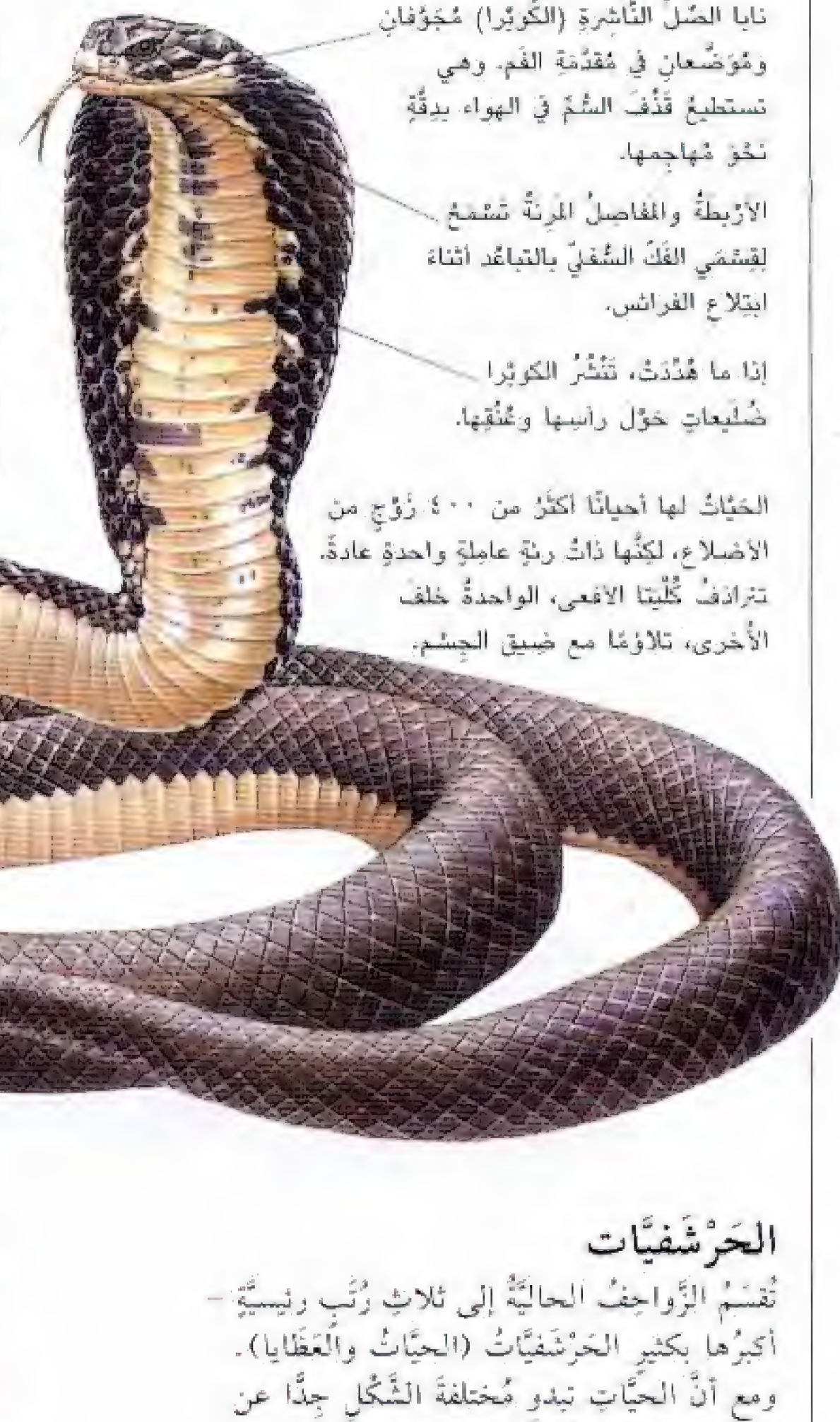
## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الدَّوَرَةُ الدَّمَوِيَّةُ ص ٣٤٩
- الْبَيْئَةُ الْبَاطِنِيَّةُ (فِي الْأَحْيَاءِ) ص ٣٥٠
- الْجِلْدُ ص ٣٥٤
- الْعَصَلَاتُ ص ٣٥٥
- الدَّمَاغُ ص ٣٦١
- التَّوَالُفُ الْجَنَسِي ص ٣٦٧
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الزّواحف

تضم طائفة الزّواحف حاليًا قرابة ٦٥٠٠ نوع؛ وهي فاقت هذا العدد بكثير في سالف الأزمان. فعلى مدى ٢٠٠ مليون سنة، سادت زواحف ما قبل التاريخ الحياة على الأرض، وشملت الدينصورات أكبر العاشيات والضّواري التي استوطنت اليابسة على مدى العصور. كانت الزواحف أولى الفقاريات التي تكيفت للعيش على البرّ بنجاح - فلم تعد مضطرة للعيش في بيئة رطبة، بفضل جلدها الحرشفي الجافّ المقاوم لفرط فقد الماء من الجسم، وبفضل القيوض الجلديّة المتينة التي تلفّ بيوضها على اليابسة فتقيها من الجفاف. ولما كانت الزواحف خارجيّة الإحار (باردة الدّم)، فهي تعيش غاليًا في المناطق الدافئة من العالم حيث تدفّي الشمس أجسامها فتنشّط.



نابا الصلّ النّاشرة (الكوبرا) مُجوّفلين وموضّعان في شقّمة الفم. وهي تستطيع قذف السّم في الهواء بدقة نحو مهاجمها.

الأربطة والمفاصل المرنة تشمّع لقسّمي الفك الشفوي بالتباعد أثناء ابتلاع الفرائس.

إذا ما هُدّدت، تنشر الكوبرا ضلّيعات حول رأسها وتنفّسها.

الخثا لها أحيانًا أكثر من ٤٠٠ رُؤج من الأضلاع، لكنّها ذات رتة عاملة واحدة عادة. تتراصف ثلثتا الأفعى، الواحدة خلف الأخرى، تلاوّمًا مع ضيق الجسم.

الأصلّة (البواء)، كسانر

الزّواحف، خارجيّة الحرارة،

تقبّع في الشمس أثناء البرد،

وتنسحب إلى الظلّ حين

يشدّ الحرّ كثيرًا.



الأصلّة العاصرة

الأصلّة العاصرة (كُسنر كُسنر كُسنر) تقتل فريستها بالخنق هضرا، فتلفّ الأفعى جسمها حول الضحيّة وتمتصّها من التّشّس. ومنى اطمانت إلى موتها تتلّعها بالرّاسي أوّلًا. الأضلاع بيّوض ولّود - أي إنّ الأفعى تحتفظ بيّضها (مُحاطًا بقشرته) داخل جسمها حتى تفقس فتولّد.

خراشف صغيرة متراكبة

العظايا العملاقة

تبيّن كُومودو (فارانوس كُومودُنيز) هو أضخم عظايا العالم، فقد يتلّع طول البالغ منه، من الرّاسي إلى الذّنب، ٣ أمتار، ويوزن أكثر من ٧٠ كغ. تستوطن العظايا العملاقة هذه جُزُرًا في إندونيسيا وتُغتذي بحيوانات قد تبلغ حجم الأيائل.



للورغة (سالم البرص) عينان كبيرتان كالكثير من الحيوانات الليلية النّشاط.

تُغتذي الإغوانا البحريّة بالطحالب النامية على الصّخور المغمورة.



العظايا المُسلّقة

الورغات عظايا ليلية النّشاط تصيّد صيغار الحشرات. وهي تستطيع تسلّق الجدران وكذلك السير مقلوبة على السّفوف بفضل لُبّات خاصّة على أباخيمها مُغطّاة بهلّب دقيقة تُعلق بالشقوق الصغيرة على السطوح التي تسلقها.



العظاية الغوّاصة

الإغوانا البحريّة (أميليرنكس كريستائس) تستوطن جُزُر غلاباغوس، شرقيّ المحيط الهادي، وهي الوحيدة، بين العظايا التي تُغتذي في البحر. وهي عندما تغوص في الماء يتباطأ خفقان قلبها، فيساعد ذلك في توفير استهلاك الأكسجين، ويحوّل دون تبريد كمّيّة كبيرة من دم الإغوانا بالمياه الباردة الخارجيّة.

الإنسلاخ

تطرّح العظايا والحيات من وقت لآخر طبقة الجلد الخارجيّة ليستطيع الثّمور. وتستغرق عملية الإنسلاخ هذه في الغالب عدّة أيام، حيث يبدأ الجلد بالانفلاق حول الرّاسي أوّلًا، ثمّ يأخذ بالتّشّسر على امتداد باقي الجسم. والحيات تطرح جلدّها قطعة واحدة في الغالب.

العظاية البطيئة العمياء (أنجويس فراجيلس) تطرح جلدّها قطعًا كبيرة.





يشبه التمساح ضامًا أرجله قُرْب  
جسمه، ومُتَوَجِّها ذيله المُقْلَطَح.

رُغْم أَنَّ التَّمْسَاحَ النُّهْرِيَّ  
ضَارٌّ رَهِيْبٌ، فَهُوَ وَالذَّ  
خَنُونَ يَغْتَنِي بِصِغَارِهِ.

## التَّمْسَاح

التَّمْسَاحُ عَلَى أَنْوَاعِهَا تَنْتَمِي إِلَى رُبُوعِ التَّمْسَاحِيَّاتِ، وَهِيَ شَبِيهَةٌ بِالْعَظَايَا الْعِمْلَاقِيَّةِ، لَكِنَّ تَرْتِيبَ الْعِظَامِ فِي جَمَاجِمِهَا يُظْهِرُ أَنَّهَا أَقْرَبُ إِلَى الدِّيَنُوصُورَاتِ مِنْهَا إِلَى أَيْ زَاخِفٍ حَيٍّ. هُنَاكَ حَوْلَى ٢١ نَوْعًا مِنَ التَّمْسَاحِ، كُلُّهَا تَعِيشُ جُزْئِيًّا فِي الْمَاءِ. أَمَّا النُّوعُ الْأَكْبَرُ، وَهُوَ تِمْسَاحُ الْمَصْبَاتِ النَّهْرِيَّةِ الْبَحْرِيَّ (كروكوديلوس بوروسس)، فَقَدْ يَبْلُغُ طَوْلُهُ ٦ أَمْتَارٍ أَوْ أَكْثَرَ - مِمَّا يَجْعَلُهُ أَضَخَمَ الزَّوَاحِفِ فِي الْعَالَمِ.

تُغْطِي جِسْمَ التَّمْسَاحِ  
خَرَاشِفٌ كَبِيرَةٌ، وَالظُّهْرِيَّةُ  
مِنْهَا مُقَوَّاةٌ بِالْعِظَمِ كَصَفَائِحِ  
مُدْرَعَةٍ.

مِنْخَرُ التَّمْسَاحِ فِي طَرَفِ  
خَطْبِهِ، وَيُمْكِنُهُ غَلْقُهَا عِنْدَمَا  
يَغْوِضُ فِي الْمَاءِ.

الْأَسْنَانُ بَسِيطَةٌ  
وَتَدْيَةُ الشَّكْلِ  
لِتَحْزِيقِ اللَّحْمِ.

ثِقَلُ أُنْثَى

التَّمْسَاحِ صِغَارُهَا

إِلَى الْمَاءِ فِي قِمَاحِهَا وَتَرَعَاهَا بَعْدَ شَهْرٍ  
حَتَّى تَسْتَطِيعَ الْاعْتِمَادَ عَلَى أَنْفُسِهَا.

جُمُجُمَةُ التَّمْسَاحِ

جُمُجُمَةُ تِمْسَاحِ الْمَصْبَاتِ

الْهِندِيِّ

خَطْمٌ

أَرْجُلٌ قَوِيَّةٌ  
قَصِيرَةٌ

## جَمَاجِمُ الزَّوَاحِفِ

جُمُجُمَةُ تِمْسَاحِ الْمَصْبَاتِ عَرِيضَةٌ، وَعِضَلَاتُ فَكِّهِ قَوِيَّةٌ لِلْعَايَةِ. وَهُوَ يَغْتَنِي بِالْحَيَوَانَاتِ الْكَبِيرَةِ، فَيَجْرُجُرُ صَحْبَتَهُ تَحْتَ الْمَاءِ نَاهِشًا مِنْهَا قِطْعًا يَبْتَلَعُهَا كَامِلَةً. أَمَّا تِمْسَاحُ الْهِندِ الْأَصْغَرُ (جَافِيَالِيْس جَانِجِيْكُس)، فِي أَنْهَارِ شِبْهِ الْقَارَةِ الْهِندِيَّةِ، فَيَقْتَاتُ بِالْأَسْمَاكِ. وَالْفُكَّانُ فِي جُمُجُمَتِهِ ضَيْقَانٌ جَدًّا، وَهُوَ يَلْتَقِطُ طَعَامَهُ خَفَلًا كَالطَّيْورِ.

تِمْسَاحٌ بَالِغٌ



دَوْرَةُ حَيَاةٍ زَاخِفٍ نُمُودَجِي

بَيْضَةٌ ذَاتُ  
قَشْرَةٍ

بَيْتِيضَةٌ  
مُطْلَقَةٌ

إِحْصَابٌ دَاخِلُ الْجِسْمِ

تُخَضَّنُ بَيْوُضُ بَعْضِ الزَّوَاحِفِ دَاخِلَ  
الْجِسْمِ؛ وَتَوْلَدُ الصِّغَارُ بَعْدَ أَنْ تَفْقِسَ.

## التَّوَاتَارَا

التَّوَاتَارَاتُ هِيَ السَّلَالَةُ الْوَحِيدَةُ الْبَاقِيَّةُ مِنْ فِئَةِ الزَّوَاحِفِ الْوَتْدِيَّاتِ الْأَسْنَانِ - الَّتِي كَانَتْ شَائِعَةً قَبْلَ مِلَايِينِ السِّنِينَ. وَبِخِلَافِ الزَّوَاحِفِ الْأُخْرَى، فَالتَّوَاتَارَاتُ تَقْلُ نَشِيطَةً فِي دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْخَفِيفَةِ الْفَارِسَةِ. وَالْبَرِّيَّةُ الْمُرْقُطَةُ مِنْهَا (سَفِينُودُون بَنْكَتَانْس) تَعِيشُ حَالِيًّا فِي مَحِيَّاتٍ خَاصَّةٍ عَلَى جُزُرٍ صَغِيرَةٍ بَعِيدًا عَنْ سَوَاحِلِ نِيوزِيلَنْدَا.

## الزَّوَاحِفُ السَّائِدَةُ

كَانَتِ الزَّوَاحِفُ فِي سَائِلِ الْأَزْمَانِ أَنْجَحَ الْفَقَّارِيَّاتِ عَلَى الْأَرْضِ؛ وَقَدْ تَرَاوَحَتْ حُجُومُ الدِّيَنُوصُورَاتِ مِنْ حَيَوَانَاتٍ ضَخْمَةٍ بِحُجْمِ الْقَرَحَةِ إِلَى الْبِرَاكِئُوسُورِ الْعِمْلَاقِيِّ (بَطُولُ ٢٥ م وَزَنُهُ ٥٠ طُنًا). ثُمَّ انْقَرَضَتِ الدِّيَنُوصُورَاتُ وَأَشْكَالٌ أُخْرَى مِنَ الْحَيَاءِ فِي إِبَادَةٍ جَمَاعِيَّةٍ يَعْتَقِدُ بَعْضُ الْعُلَمَاءِ أَنَّ سَبَبَهَا يَعُودُ إِلَى ارْتِفَاعِ رَجْمِ هَاتِلِ بِالْأَرْضِ.

دِينُونِيْكُسُ

دِينُوصُورٌ قَرْمِي  
الرُّجْلَيْنِ الْأَمَامِيَّتينِ



## السَّلَحْفِيَّاتُ

السَّلَاحِفُ الْبَحْرِيَّةُ (الدَّبَجَاتُ) وَالْبَرِّيَّةُ يَحْمِيهَا ذُبُلٌ عَظِيمٌ مُغْطِي بِحَرَاشِفٍ قَرْنِيَّةٍ. تَغْتَنِي السَّلَاحِفُ بِالنبَاتَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ الصَّغِيرَةِ، وَهِيَ عَدِيمَةٌ الْأَسْنَانِ، تُغْطِي الْفَكَّينِ فِيهَا مَادَّةٌ قَرْنِيَّةٌ. لِحَاجَةُ غَلَابَاغُوسٍ، أَعْلَاهُ، (جِيُوكِيلُونِ إِيْلِفْتُونِس) هِيَ نَوْعٌ عِمْلَاقٌ مِنَ السَّلَاحِفِ الْبَحْرِيَّةِ قَدْ يَزِيدُ وَزْنُهَا عَلَى ١٧٠ كِغ.

يَبْلُغُ طَوْلُ التَّوَاتَارَا الْكَامِلِ الْمُتَوَسَّطِ  
حَوْلَى ٦٠ سَم. تَعِيشُ التَّوَاتَارَاتُ فِي  
جُحُورٍ وَتَغْتَنِي بِالْحَشَرَاتِ وَالْبَيْضِ  
وَالضَّفَادِعِ وَصِغَارِ الطَّيْورِ الْبَحْرِيَّةِ.

## لِمَزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

- التَّمْسَاحُ ص ٣٤٧
- الْبَيْضَةُ الْبَاطِنِيَّةُ (فِي الْحَيَاءِ) ص ٣٥٠
- الْهَيَاكِلُ الدَّاعِمَةُ ص ٣٥٢
- الْحَرَكَةُ ص ٣٥٦
- الْحَوَاسُّ ص ٣٥٨
- التَّنَاسُلُ الْجِنْسِيُّ ص ٣٦٧
- خَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٠، ٤٢٢



# الطيور

الدلائل الأُخفورية تُشير إلى أنّ الطيور قد تطوّرت من الزواحف. فهي، كما الزواحف، فقاريات تضع بيوضاً ذات قشرة، وبقايا الحراشف ظاهرة في القدمين. لكنّ الطيور تميّز عن الزواحف بمعالم شتى، فهي من بين سائر الحيوانات مكسوّة بالريش، وكلّها ذات أجنحة ومناقيد. وهي داخلية الإحراز (حارة الدّم) - فلا تتغيّر درجة حرارتها بتغيّر درجات الحرارة الخارجيّة. ودفع الجسم هذا يجعلها ناشطة الفعل والطيّان دوماً، والواقع أنّ الطيور أكثر الكائنات الحيّة قدرة على الطيران. هنالك ٩٠٠٠ نوع من الطيور تعيش في مختلف الأماكن - في المدين والمدن والغابات المطيرة الاستوائية وعلى الطوافي الجليديّة.

ريش الطيور تلوّن من حراشف الزواحف.

الطرفان الاماميتان تحوّران إلى جناحين.



تُغطّي القدمين حراشف صلبة.

## تصميم الجسم في الطيور

خلال مراحل التطوّر، أصبحت أجسام الطيور خفيفة، مشبّعة إنسيابيّة، ومدمّجة. فطائر الرّافراف (المازور) هذا (البيدو أتييس) يبلغ ١٦ سم طولاً، لكن لا يزيد وزنه على ٤٠ غ. وهو، كسائر الطيور، مكسوّ بالريش، وتُغطّي قدميه حراشف صلبة، ومناقير صلبة لكنّه خفيف الوزن. والطيور الصغيرة، كالرّافراف، ذات درجة حرارة جسديّة هي الأعلى في عالم الحيوان. لذا فهي بحاجة إلى موزّد غذائيّ مُستمرّ لسدّ احتياجات أجسادها.

دورة حياة طائر نموذجي



## الهيكل العظمي للطيور

الهيكل العظمي الرقيق للطائر الطيار لا يؤلّف أكثر من خمسة بالمئة من مجمل وزنه جسمه. عظام الجناحين مُجوّفة، كسائر عظام الهيكل، لكنها معزّزة بدعائم لمزيد من القوّة. وتنبّت عضلات الجناحين صفيحة عظميّة مُقلّطة تتكوّن من عظم القصّ تُدعى الجوّجو.



## طيور لا جناحيّة

الكيبوي الأسمر (أنتريكس أستراليس) في نيوزيلندا هو واحد من عدّة طيور فقدت قدرتها على الطيران. فجنّاحاه صنيّلان أثريان وريشه شعريّ. وجلافاً لما هو الشائع في الطيور، فالكيبوي حاسّة شم جيّدة يُستخدمها في تلمّس طعامه ليلاً.



## العناية بالكساء الريشي

الكساء الريشي بحاجة إلى عناية مُستمرة ليُبقى في حالة جيّدة. وتُستخدم الطيور مناقيدها كالمسح في تمسيد الأسلاك والأسلاك وضّمتها معاً، وأيضاً لإزالة القمل والطفيليات الأخرى. مُعظم الطيور تُطرح كساءها الريشي، وتُستبدل به آخر، مرّة أو مرّتين في السنة. هذه البطة تُنظّل كساءها الريشي بزيّب خاصّ يجعله صامداً للماء.



الريش الرّغبيّ يغزل الجسم حراريّاً. فالأسلاك فيه لا تتشابك معاً بل تنتشر لتكوّن طبقة مُنتفخة تُحبّس الهواء.

ريش الجسم تُكسيه انسيابيّة، فقاعدة الريشة طرية ومُنتفخة، لكنّ سطح طرفها العلوي أكثر انسياباً.



## الكساء الريشي

يتألّف الريش من القرنين، المادّة تُسبها التي يتألّف منها شعرونا وأظفارنا. فالعراق، الذي يمتدّ قصبّة على طول الريشة، يحمل آلاف الفروع الجانيّة، المُسمّاة أسلاك. ولهذه فروع أصغر تُدعى أسلاك تشابك معاً بخطاطيف دقيقة لتُؤلّف صفحة النّضل. وقد يحوي كساء الطائر الريشي فوق الـ ١٠,٠٠٠ ريشة مُختلفة الأشكال والأنواع.





ذكر الشرشور الزاهي الألوان لا يشارك في حضن البيض - وإلا كانت ألوانه تُشير للضواري اكتشاف العش.

تُحضن أنثى الشرشور بيوضها تحت ريشها العازل وجسدها الذي - علفاً أن بعض ريش الصدر يتساقط في رُقعة الحضان.

شرشور جولد (كلوبيا جولدي) ذو منقار شهائني لأكبر البُزور - فهو قصير مشير يستطيع كسر البُزور والتقاط ما فيها.

بنقار الشحام (فينيكوبترس روبير) يعمل كالصفاء؛ فيتحرك جزؤه السفلي صعوداً وهبوطاً ضاخاً الماء على الجزء العلوي، حيث يُحبس الطعام فوق حافة من الشقوق.



## عش بيض

يُنشأ فرخ الطائر داخل البيضة، خارج جسم الأم، تقيه قشرة صلبة تمنع شروب الماء لكنها تسمح بدخول الأكسجين. الطيور الصغيرة كهذا الشرشور (فريجلا كوليس) تضع عدة بيوض في العش؛ والفراخ لا تنشأ ما لم ترجم الأنثى على البيوض فتدفئها بالحضان.

يشتهر الخبثاك الإفريقي (من نوع بلوسيسوس) بمهارته في حثك الأعشاش. يحك الذكر العش من أصول الغُشب بمنقاره ويرجله. وعند الانتهاء يتغلق به مُزفرًا جناحيه لاجتذاب القرين.

حجيرة العش



أنبوب المدخل

المدخل

## الأعشاش

جميع الطيور يتأص، لكن ما كُلها تبني أعشاشاً. فبعض الطيور البحرية تضع بيوضها مباشرة على حواف الجرف الصخرية. وكثير من الطيور الأرضية العيش تضع بيوضها في حفرة بسيطة تُبطنها بالريش. والطيور التي تبني أعشاشاً مُعقّدة تستخدم أنواعاً عديدة من المواد كالأوراق النباتية والعيدان والطين والشعر وشع العنكبوت واللُغاب أيضاً. ولا يحتاج الطائر إلى تعلم بناء عشه - فالغريزة كافية لذلك.



الفران الخمراوي (قرناريوس روفوس)، من أمريكا الجنوبية، يبني له عشا من الطين قرني الشكل بخجم كرة القدم يتصلب عندما يجف. وللغش ممر مقوس يؤدي إلى حجرة داخلية.



سمامة النحل الإفريقية (سيثيسثوروس پارفوس) تُعري بعض الريش الرغيفي فوق ورقة نخل؛ ثم تعري بيوضها فوق فرشاة الريش تلك، فتبقى مُلتصقة حتى أثناء العواصف.



## المناكير والطعام

يتألف منقار (ومنقار) الطائر من عظم مُغطى بطبقة قرنية. ويبقى القسم العظمي من المنقار على حجمه عادة في الطائر البالغ، لكن المادة القرنية تنمو باستمرار لتعويض البلى. والمنقار ملانم يُنوع الطعام الذي يتناوله الطائر، فالطيور المُتميزة نوع التغذية لها عادة مناقير مُتميزة.

## الوقواق

أنثى الوقواق (كيوكولس كانورس) لا تبني عشا، بل تضع بيضة مكان إحدى البيوض في عش طير آخر في غياب حاضته. وعندما يقبض الوقواق الصغير يُدحرج البيوض الأخرى خارج العش ويستقل به. ويواطب الواليدان الرتبوان على إطعام فرخ الوقواق، الذي يفوقهما حجماً، كأنه فرخهما.

لمزيد من المعلومات انظر
الدورة الدموية ص ٣٤٩
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
الحركة ص ٣٥٦ ، الدم ص ٣٦١
التناسل الجنسي ص ٣٦٧
حقائق ومعلومات ص ٤٢٠ ، ٤٢٢

## هجرة الطيور

تقضي الطيور عادة موسمي الصيف والشتاء في مكانين مختلفين. فالكثير من أنواع الإوز تتزوج في أقصى الشمال حيث الطعام وفير خلال الصيف القصير؛ ثم تطير جنوباً عندما يبرد الطقس مع اقتراب الشتاء. هذه الرحلات الطويلة تُدعى هجرات الطيور.





# اللبونات

إذا ما سألت رفيقًا أن يُسمّي حيوانًا ما، فالأرجح أنه سيُسمّي حيوانًا من اللبونات (الثدييات)، وهي الطائفة التي ينتمي إليها البشر كما معظم الحيوانات الكبيرة المألوفة في حياتنا اليومية. لكن ليست كل اللبونات كبيرة - فهي تتراوح حجمًا من الزبابة والخفافيش حتى الفيلة والحيتان الضخمة. تشترك اللبونات في ثلاث ميزات رئيسية - فهي داخليّة الإحراق (دافئة الدّم وثابتة درجة الحرارة)، وذات كساء من الفرو أو الشعر، وترضع صغارها لبنًا تُفرّزه الغُدّة الثدييّة لدى الأم. واللبن غذاء كامل لصغار اللبونات يُقيتها حتى تقوى على إيجاد طعامها بنفسها. واللبونات أكثر الفقاريات انتشارًا على اليابسة حيث يُوجد منها حوالي ٤٠٠٠ نوع.



جسم حمير  
الرزد شغلي  
بالشعر.

يرضع الفلّو لبنًا من  
شروع الأم.

حمير الرزد الشائع  
(الكؤوس بورشلي)

## اللبونات السُخْدِيَّة (المُشيمية)

حمير الرزد، كسائر الحيوانات المُشيمية هنا، هو لبون مُشيمي. فالفلّو ينمو داخل رَحِم الأم حيث يستمدّ غذاءه منها عبر السُخْد، وهو نسيج إسفنجي يُنقل الغذاء من دم الأم إلى دم الجنين. والفلّو الوليد، بخلاف الوليد البشري، قوي لا يَلْبَث أن يَقِف على قوائمه ويتبع أمه.



## اللبونات الطيّارة

تُشكّل الخفافيش، بأنواعها الألفين، قرابة رُبُع عدد الأنواع اللبونة. وهي الحيوانات الوحيدة، بين اللبونات، القادرة على الطيران حقيقيّة. تتنات معظم الخفافيش بالحشرات، وهي تُحدّد مواقعها بدقة في الهواء بواسطة صدى التنبّضات الصوتيّة التي تُنبّئها كالرادار. أمّا أنواع الخفافيش الأكبر فتتنات بالثمار.



الأرنب من الحيوانات العاشية؛  
أسنانه الأماميّة قاطعة  
والخلفيّة طاجنة.

الكلب من اللواجم؛  
أنيابه الطويلة  
الحادة تقبض  
الفريسة.

أسنان اللواجم قاطعة  
حادة تُمزق اللحم وتقطّعه.

## الأسنان والغذاء

أسنان اللبونات مُتنوّعة الأشكال كتنوّع الأدوات في صندوق عدّة. فاللبونات البالغة المُختلفة تتنات بضروب مُختلفة من الطعام، وأسنانها مُكيّفة لتتلاءم ونوعية غذائها. فاللواجم (أكلات اللحم) ذات أسنان قابضة مازقة، والعاشيات (أكلات التّبت) ذات أسنان قاطعة وطاجنة. أمّا القوارث، التي تُغتذي بمُختلف أنواع الطعام، فأسنانها مُتنوّعة - قابضة وقاطعة ومازقة وطاجنة. بعض اللبونات، كالثّاملات (أكلات الثّمل) والحيتان الباليّة، التي تُغتذي بأسنفاء عوالق الكريل من القشريات البحرية (كالكريدس وبراغيت البحر وسواها)، عديمة الأسنان.



دورة حياة لبون نموذجي

## لبون مدرّع

أمّ فرقة الشجري (مانيس ترايكسيس)، من إفريقية الإسوانيّة، تحمي خراشف ضلّة ورقية الشكّل تغطي معظم الجسم. يُغتذي أمّ فرقة بالشكّل والأرض يلتقطها بلسانه الطويل. وهو، كأكلات الثّمل الأخرى في أستراليا وأمريكا الجنوبيّة، عديم الأسنان.



## اللبونات المائية

الدلافين لبونات من رتبة الحوتيات - تقضي حياتها كلّها في البحر. وخلال مسارها التطوّري اتخذت الدلافين شكلاً انسيابياً كالسمك، لكنّها، كباقي اللبونات، تُرضع صغارها لبنًا وتتنفّس هواء الجوّ.

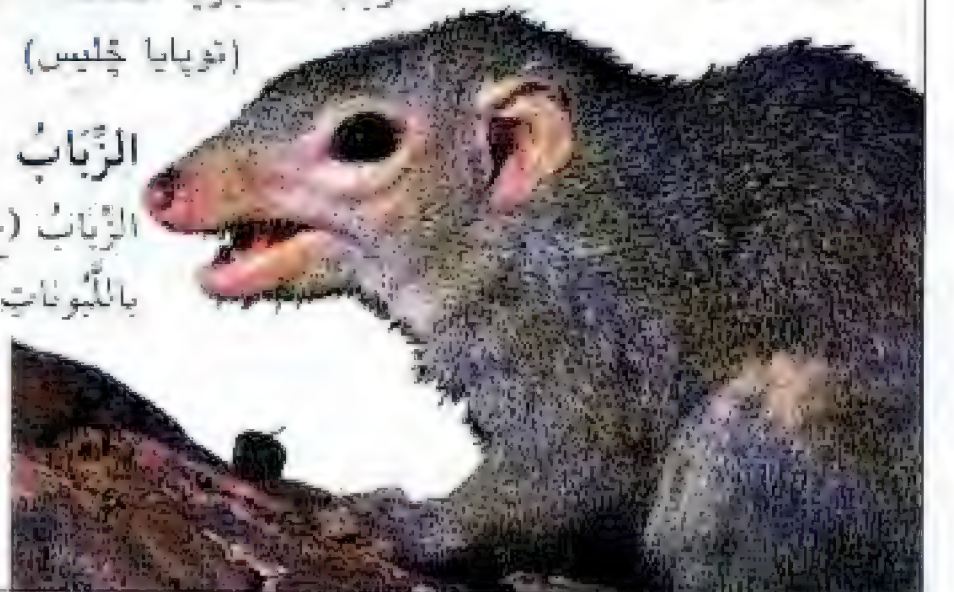


الدلافين المدوّمة  
(ستيللا لونيچروسيس)

الزبابة الشجرية الشائعة  
(نوبيا جليس)

## الزبابة الشجرية

الزبابة (ج. زبابة) الشجرية، من جنوبي وشرقي آسيا، لعلها أشبه باللبونات الأولى التي تطوّرت من أسلاف زواحف. وهي ليليّة النشاط ذات عيّنين واسعتين وحاسة شمّ قويّة. ويعتقد البيولوجيون أن حيوانات مُماثلة للزباب شاركت الدينصورات الأولى العيش على الأرض منذ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة.





## اللُّبُونَاتُ الجَرَابِيَّةُ

تُولَدُ صِغَارُ الجَرَابِيَّاتِ غَيْرَ مُكْتَمِلَةِ النُّمُو؛ فَيَرْحَفُ الْوَلِيدُ الضَّئِيلُ الْحَجْمُ مُبَاشَرَةً إِلَى جَرَابِ الْأُمِّ حَيْثُ يَتَعَلَّقُ بِأَحَدِ الْحَلَمَاتِ فِيهِ فَيُعْتَذِي وَيَنْمُو. وَالْجَرَابُ فِي الْقَنَاعِ كَيْسٌ فَسِيحٌ، أَمَّا فِي بَعْضِ الْجَرَابِيَّاتِ الْآخَرَى، كَالْكُوُولِ، فَقَدْ لَا يَزِيدُ عَلَى سِدْلَةٍ بَسِيطَةٍ. هُنَاكَ حَوَالِي ٢٦٠ نَوْعًا مِنَ الْجَرَابِيَّاتِ؛ وَمَعَ أَنَّهَا تَرْتَبِطُ فِي أَذْهَانِ الْكَثِيرِينَ بِأُسْتْرَالِيَا، فَالْعَدِيدُ مِنْهَا يَسْتَوْطِنُ أَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةَ.

الْفَرْدُ أَوْ الشَّخْصُ يَحْمِي الْجِلْدَ مِنَ الشَّمْسِ وَالْأَذَى، كَمَا يَنْقَعُ تَرْطَبُ الْجِسْمُ وَيَحْفَظُ حَرَارَتَهُ.

تَسْتَطِيعُ أُنثَى الْقَنْغَرُ تَوَالِي إِنتَاجِ الصَّغَارِ كَمَا فِي خَطِّ إِنتَاجِ صِنَاعِيٍّ - فَبَيْنَمَا يَتَكَوَّنُ وَاحِدٌ دَاخِلَ الرَّجَمِ، يَكُونُ آخَرُ فِي الْجَرَابِ، وَثَالِثٌ حَوَالِيهَا. يُقَارَبُ الْإِعْتِمَادُ عَلَى نَفْسِهِ.

## وَحِيدَاتُ الْمَسْلَكِ

حُلْدُ الْمَاءِ أَوْ مِتْقَارُ الْبَيْطِ (أُورْنِيُورْنُكْسُ أَنْاتِينُوسُ) حَيَوَانٌ يَجْمَعُ الْغَرَائِبَ. فَهُوَ لَبُونٌ بَيَوضٌ، مُكَمَّفُ الْأَصَابِعِ وَذُو مِتْقَارٍ كَالطَّيُورِ. وَعِنْدَمَا تَفْقِسُ صِغَارُهُ، تَعْتَذِي بِلَحْسِ اللَّبَنِ مِنْ غُدَّةٍ نَدِيَّةٍ، عَلَى بَطْنِ الْأُمِّ، لَا حَلَمَاتٍ لَهَا.



نَوْعَانِ آخَرَانِ مِنَ اللَّبُونَاتِ فَقَطْ بَيَاضَتُهُ - هُمَا قُنُقُدَا النَّمْلِ (أَكَلَا النَّمْلَ الشُّوَكِيَّانِ). وَهُمَا يُؤَلَّفَانِ مَعَ مِتْقَارِ الْبَيْطِ وَرُبَّةٍ صَغِيرَةٍ مِنَ اللَّبُونَاتِ تُدْعَى وَحِيدَاتِ الْمَسْلَكِ.

الطَّرْفَانِ الْأَمَامِيَّانِ قَصِيرَانِ يُسْتَخْدِمُهُمَا الْقَنْغَرُ فِي الْخَفَرِ وَالْهَنْدَمَةِ وَالذَّفَاعِ عَنِ النَّفْسِ.

يَقْفَرُ صَغِيرُ الْقَنْغَرِ إِلَى دَاخِلِ الْجَرَابِ إِذَا أَحْسَسَ بِالْخَطَرِ، حَيْثُ يَنْطَوِي عَلَى نَفْسِهِ ضَامًّا أَطْرَافَهُ بِاتِّجَاهِ رَأْسِهِ.

## الْكُوُولَا

الْكُوُولَا (فَاسْكُولَارِكْتُوسُ سِينَرِيُوسُ) حَيَوَانٌ جَرَابِيٌّ أَسْتْرَالِيٌّ تَكَيَّفَ لِلْعَيْشِ فِي الشَّجَرِ، وَلِغِذَاءِ بِنَآلَفٍ بِصُورَةٍ رَئِيسِيَّةٍ مِنْ وَرَقِ الْأَوَكَالِيْتِينُوسِ. تَقْضِي صِغَارُ الْكُوُولَا نَشَاطَهَا الْأُولَى فِي جَرَابِ الْأُمِّ، وَعِنْدَمَا تَكْثُرُ نَوْعًا، تَخْرُجُ مِنَ الْجَرَابِ وَتَنْشِثُ بِظَهْرِ الْأُمِّ. وَالْكُوُولَاتُ لَيْسَتْ وَثِيقَةُ الْفُرَى بِالذَّبِيَّةِ رُغْمَ أَنَّهَا تُشَبِّهُهَا. فَالذَّبِيَّةُ حَيَوَانَاتٌ لَبُونَةٌ مَسْجِيَّةٌ لَا جَرَابِيَّةَ.



أُظَافِرُ طَوِيلَةٌ حَادَّةٌ لِحَرْفِ الرَّمَالِ



## لَبُونٌ دِيمَاسِيٌّ

لَقَدْ طَوَّرَ الْكَثِيرُ مِنَ الْجَرَابِيَّاتِ أَشْكَالًا وَأَسَالِيبَ حَيَاةٍ تُمَازِلُ شَبِيهَاةَا مِنَ اللَّبُونَاتِ الْمَسْجِيَّةِ. فَشَكْلُ الْقُلُوبَيْنِ الْجَرَابِيِّ (نُوتُورِيكْتُوسُ تَيْفَلُونُوسُ) شَبِيهُ جِدًّا بِالْقُلُوبَيْنِ الْمَسْجِيَّةِ، مِنْ حَيْثُ بِلَادَةُ جَسَدِهِ وَقُوَّةُ قَوَائِمِهِ الْحَقَّارَةِ. وَهُوَ أَيْضًا مِثْلُهُ يَعْتَذِي بِالْبَرَقَانَاتِ الْكَبِيرَةِ وَالذَّبِيدَانِ.

## الْكُوُولُ

الْكُوُولُ الْجَمِيلُ التَّرْفِيطُ (دَسْمُورُوسُ فَيْفَرِيُوسُ) هُوَ الْجَرَابِيُّ الْأَسْتْرَالِيُّ الْمُقَابِلُ لِلنَّهْرِ. وَهُوَ حَيَوَانٌ ضَارٍ لَيْلِيٍّ النِّشَاطِ، يَعْتَذِي بِالْحَيَوَانَاتِ الصَّغِيرَةِ كَالْحَشَرَاتِ وَالْجَرَابِيَّاتِ الْأَصْغَرِ؛ لَكِنَّهُ لَيْسَ صَبَادًا مَاهِرًا كَنَظِيرِهِ الْمَسْجِيَّةِ. فَتُؤَنِّدُ إِدْخَالَ النَّهْرِ الْأَهْلِيَّ إِلَى أَسْتْرَالِيَا تَرَاجَعَتْ أَعْدَادُ الْكُوُولِ، كَمَا انْخَفَضَ عَدَدُ الْكَثِيرِ مِنَ الْجَرَابِيَّاتِ الْآخَرَى أَيْضًا نَتِيجَةً لِمُتَاغَمَةِ اللَّبُونَاتِ الْمَسْجِيَّةِ لَهَا.



## أَبُوشُومُ فَرَجِينِيَّةٌ

لَقَدْ حَقَّقَ أَبُوشُومُ فَرَجِينِيَّةٌ (دِيدِلْفِيْسُ فَرَجِينِيَانَا) نَجَاحًا نَادِرًا فِي دُنْيَا الْجَرَابِيَّاتِ. فَهَذَا النُّوعُ الْجَرَابِيُّ الشَّجَرِيُّ، مِنْ أَمْرِيكَا الشَّمَالِيَّةِ، قَدْ وَشَّعَ مَدَى اتِّبَاشَارِهِ شَمَالًا بِأَطْرَافِ حَتَّى كَنَدَا. وَقَدْ نَسَّيَ لَهُ ذَلِكَ بِتَكَيُّفِهِ لِلْعَيْشِ بَيْنَ الْبَشَرِ - فَهُوَ يَجُوبُ الْحَدَائِقَ وَيَعْتَلِي السَّقُوفَ وَيَبْحَثُ عَنِ الطَّعَامِ بَيْنَ الْفَضَائِلِ الْمُنْزِلَةِ.



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْأَسْنَانُ وَالْفَكَّانُ ص ٣٤٤
- النَّفْسُ ص ٣٤٧
- الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ ص ٣٤٩
- الْبَيْتَةُ الْبَاطِنِيَّةُ (فِي الْأَحْيَاءِ) ص ٣٥٠
- الْهَيْكَلُ الدَّاعِمَةُ ص ٣٥٢
- التَّوَسُّلُ الْجِنْسِيُّ ص ٣٦٧
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٠، ٤٢٢



## الرئيسيات

نحن البشر ننتمي إلى رتبة من اللبونات تدعى الرئيسيات، وهي كما يُشير اسمها أعلى الكائنات الحيّة. تُقسم الرئيسيات إلى فئتين هما: أشباه الإنسان (البشر والقردة والسعادين) والپروسيميات (وتشمل الليمير وطُفول الأدغال والآيات). وينتمي جميع البشر إلى رتبة من الرئيسيات ليس فيها سوى جنس الإنسان. والإنسان يعيش على الأرض ويمشي على رجلين، فيما معظم الرئيسيات الأخرى شجرية العيش وتستخدم أرجلها الأربع. العنّان في الرئيسيات أماميّة التوجّه ممّا يُساعد في تقدير المسافات؛ والأصابع والأباجس قابلة للتشّبي فيمكنها قبض الأغصان والتمسك بها. وتتميّز رتبة أشباه الإنسان بأدمغة كبيرة ومستوى عالٍ من الذكاء.



بالمقارنة مع مجموعة القردة،  
مجموعة الإنسان ذات قحف  
دماغيّ كبير جدًا وفكّين  
قصيرين وأسنان صغيرة.

## أصل الجنس البشري

إن شكل مجموعة الإنسان بالغ الأهمية في تتبع مسار تطوّر النوع البشري، لأنه يمكن مقارنتها مباشرةً بالجماعم الأحفوريّة لأقربائنا الأبعد، ويُشير دراسات العلماء إلى أنّ الإنسان قد تطوّر من أسلاف من أشباه الإنسان؛ كما يُبين الأحافير أنّ عدّة أنواع من أشباه الإنسان كانت متواجدة منذ ما بين مليون وخمسة ملايين سنة. ولم يبق منها حاليًا إلا نوع البشر فقط.

## الآيات

الآيات (دوبتونيا المدغشقرية) المُهدّد بالانقراض من الرئيسيات الدّنيا (الپروسيميات) حيوانٌ شجريّ العيش ليليّ النشاط، يُغذي يرقانات الحشرات وورق الشجر. يدا الآيات الاماميتان فيهما إصبع ثالثة طويلة إضافية، يُستخدمها في التقاط اليرقات من قُلوغ لحاء الشجر.

الشّمباتزي (بان تروغلو نيتس) يُستخدم أداة

لاستخراج الحشرات من  
لحاء الشجر.



## البعام (الشّمباتزي)

يستخدم الإنسان الأدوات عادة للقيام بمهامّ معيّنة، وهكذا تفعل بعض الرئيسيات الأخرى. فالبعام مثلاً، يُستخدم عيداناً حادّة وأنصال الأعشاب للتنقيب عن الطعام؛ كما يهرس القردوخ (البابون) أحياناً الحيوانات الصغيرة بالحجارة. ويُستخدم العديد من الحيوانات الأخرى أدوات لكتلها تفعل ذلك بالفريرة أصلاً. ونستطيع الرئيسيات تعلّم كيفية صنع الأدوات بسرّافه بعضها بعضاً أثناء العمل.

## السّغلاة (الأورانغوتان)

تعيش الرئيسات في معظمها في المناطق المداريّة ودون المداريّة؛ وتشمل حوالي ١٨٠ نوعاً. ينتمي الأورانغوتان (پونجوبيجيوس) إلى فصيلة القردة التي تضمّ أيضاً الغوريلا والبعام (الشّمباتزي). ويستوطن الأورانغوتان الغابات المطيرة في جنوب شرقي آسيا، وهو، كالعديد من الرئيسات مُهدّد بالانقراض، لأنّ مواطنه الحراجيّة تجري إزالتها ليلاتجار بأخشابها، أو لاتخاذها مزارع وأراضي زراعيّة.



السّغلاة  
(الأورانغوتان)  
وسائر القردة  
الأخرى عديمة  
الدّيل.

## لويس وماري ليكي

أسهم عمل عائلة ليكي في تتبع حلقات مسار النوع البشري وتطوّره. فقد اكتشف لويس ليكي (١٩٠٣-١٩٧٢) في شرقي إفريقيا أحافير أناسيّة، وارتأى أنّ نشأة الإنسان كانت في تلك المنطقة. أمّا زوجته ماري (١٩١٣-) فقد اكتشفت عدّة أحافير لأسلاف بشريّة

وأثار أقدام يرجع تاريخها

إلى قرابة ٣ ملايين سنة.

كما اكتشف ابنتهما

ريتشارد ليكي (المولود

عام ١٩٤٤) العديد من

الأحافير المهمّة أيضاً.



## سيادة البشر

البشر أكثر الرئيسات عدداً بقدر كبير؛ ففي از سنة الأخيرة ازداد عدد سكان العالم من حوالي ١٠٠٠ مليون إلى قرابة ٦٠٠٠ مليون نسمة. ولم يسبق في تاريخ العالم أن كان لأي من أنواع الكائنات مثل هذا التأثير البشري الواسع المدى على الكائنات الحيّة الأخرى.

## لمزيد من المعلومات انظر

التطوّر (النشوء بالتحوّل العضوي)

ص ٣٠٨

اللبونات ص ٣٣٤

الهيكل الدّاعمة ص ٣٥٢

البشر وكوكبيهم ص ٣٧٤

حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



# الكائنات الحية - كيف تعمل

لماذا النبات أخضر؟ وما وظيفة الدم؟ وهل جلدك ميت أم حي؟ أجوبة هذه الأسئلة في كثير من الحالات تتعلق بتركيب المادة الحية. فالكائنات الحية تحوي أجزاءً متباينة، لكنها متوافقة ومتراصة بشكل رائع للعمل معاً. بعض هذه الأجزاء، في النبات والحيوان، كبير يرى بالعين المجردة، وبعضها صغير بالغ الدقة، فلا يرى إلا بالمجهر. إن أصغر الأجزاء، في سائر الكائنات الحية، هو معقد جداً. وبالتعرف الدقيق إلى كيفية عمل الأجزاء الصغيرة هذه يتوصل العلماء إلى تفهم طرائق عمل المتعضيات الكاملة.

كل ضرب من الكائنات الحية مكيف للبيئة التي يعيش فيها. فالشجر (الجبن) الشجري الغني له ذراعان طويلتان يترجح بهما بخفة وشرعة بين أعالي الشجر. وتساعد عنبه الامامية التوجه في تحديد الأبعاد بدقة خلال ترجحه من غصن لآخر.

## المتعضيات وبيئتها

جميع الكائنات الحية، أو المتعضيات، ينبغي لها التوافق مع بيئتها. فهي تعتدي من المحيط الذي تعيش فيه، وتستخدم هذا الغذاء في أغراض عديدة تشمل إنتاج الطاقة للحركة، والمواد الأساسية للنمو والتناسل. وعبر مراحل نشئها طورت الكائنات الحية طرقاً مختلفة للحصول على غذائها. فالشجر لا يجاري في التوصل إلى الأوراق والنسار في أعالي الشجر، وجهازه الهضمي قادر على هضم هذا الطعام كيميائياً مخزناً محتواه من المغذيات والطاقة.

## الأعضاء

يحتوي جسم الشجر (الجبن) مجموعة من الأعضاء تشمل الدماغ والقلب والرئتين والكبد وسواها. والعضو تركيبة ذات وظائف معينة في نطاق الحفاظ على الحياة. ولكل عضو شكل مميز، ويتألف من مجموعة متنوعة من الخلايا المختلفة.

## الخلايا

الخلايا أصغر أجزاء الكائن الحي، وهي حية كاملة حيوية. وخلايا العضو منسقة في مجموعات تدعى أنسجة؛ وكل نسج يحوي ضرباً واحداً من الخلايا ويؤدي مدى محدداً من الوظائف.

## راموز الجينات

كل خلية تقريباً لها مركز تحكم هو النواة. ويوجد داخل النواة جزيئات طويلة من الحامض النووي الرببي المنقوص الأكسجين الذي يُشار إليه غالباً بـ «د ن أ». يتألف جزيء د ن أ من تولد مزدوج الخيط مرتبط طاقه «جسور» كيميائية يولف تسلسلها الدقيق راموز جينات الخلية. وهذا الراموز أشبه بوصفة لطبيعة وكيفية ما تقوم به الخلية.

## ماكينة الجسم

جسم الحيوان أشبه بمدينة ضخمة تتألف من أجزاء منفصلة. أصغر هذه الأجزاء يدعى الخلايا، وهناك ضروب عديدة منها في الكائنات الحية، توفر مجتمعة جميع الخدمات التي يحتاجها الجسم، من موارد للطاقة والاتصالات إلى التخلص من الفضلات. فالحيوان الواحد (كما النبتة) قد يحوي بلايين الخلايا منسقة بطريقة فائقة الدقة. وكل ما تقوم به أي خلية تحكمه نواتها.

## أندرياس فيزاليوس

وضع فيزاليوس (١٥١٤-١٥٦٤)

أساسيات علم التشريح الحديث -

علم ودراسة بنية الكائنات الحية.

وهو طبيب بلجيكي حقق أهم إنجازاته في

إيطاليا. فقد عُيّن في سن الثالثة

والعشرين أستاذاً لعلم التشريح. وفي

العام ١٥٤٣، نشر كتابه «بنية الجسم

البشري» الذي تميّز بدقة الملاحظة،

وجمال الرسوم الإيضاحية. فكان أول كتاب يبيّن تفاصيل الجسم

البشري بطريقة دقيقة.



الكبد إحدى أكبر أعضاء الشجر. فهي تعالج الغذاء المهضوم وتقوم بعدة تقاعلات كيميائية وتخزن مواد تستخدم في إنتاج الطاقة.

الخلايا الكبدية هي أحد أنواع الخلايا في الكبد؛ وهي منسقة صفحياً وتفرز سائلاً يدعى الصفراء (المرة) يساعد في عملية الهضم.

تولف الخلايا الكبدية أحد أنواع الأنسجة في الكبد. وفي الكبد خلايا من أنواع أخرى تكوّن ضروباً أخرى من الأنسجة، كالوعية الدموية.

طاقات د ن أ المتواجدة في نواة الخلية.



# الخلايا

كُلُّ كائنٍ حيٍّ يتألف من خلايا، وكُلُّ خليةٍ منها تُشبهُ مَعْمَلًا بِالِغِ الصَّغَرِ، تجري فيه آلافُ التفاعلاتِ الكيماويةِ بِتَحَكُّمٍ فائقِ الدِّقَّةِ والعِنايةِ. وتُستخدَمُ الخَلايا هذه التفاعلاتِ لأداءِ كافَّةِ المَهَامِ الصُّروريةِ للحياةِ. وتتكاثرُ الخلاياُ بالانقسامِ الثنائيِّ (الشَّطري) مرارًا وتكرارًا. بعضُ الكائناتِ الحيةِ، كالمتَمَوِّرةِ (الأميبا) أحاديِّ الخليةِ، وبعضُها الآخرُ، كالبَشَرِ، يتألف من ملايينِ الخلاياِ العاملةِ بِتَكامُلٍ مَعًا. والخلايا التي تُؤلِّفُ الأنسجةَ المُختلفةَ في مُتَعَصِّ مُتباينةٌ نَوْعًا. وتُخْتَلِفُ الخَلايا النَّبَاتِيَّةُ عن الخَلايا الحَيَوانِيَّةِ، أساسًا، بِجُدرانِها الجاسِيةِ وقُدْرَتِها على تَخْلِيْقِ غِذائِها.

## الخلايا الحيوانية

الخليةُ الحيوانيةُ أشبهُ بِكَيْسَةٍ دَقِيقَةٍ رَخِصَةٍ يَمْلُؤُها مائعٌ. يَضُمُّ الخليةُ وَيَدْعُمُها غِشاءٌ مَرِنٌ رقيقٌ يُدعى الغِشاءُ البلازَمي. وهو غِشاءٌ يَضِفُ مُنْفِذٌ يَسْمَحُ بِمُرورِ بعضِ الكيماوياتِ عِبرَهُ دونَ سِوَاهَا. ويتوسَّطُ الخليةُ نَوَاةٌ تَحْكُمُ كُلَّ ما يجري داخلَ الخليةِ. والنَّوَاةُ مُحاطَةٌ بِسائِلٍ هَلَامِيٍّ يُدعى السَّيْتوبلازم (أو هَيُولَى الخليةِ) يحوي جُسيماتٍ تُدعى عُضَيَّاتٍ، لِكُلِّ ضَرْبٍ منها وظيفتهُ في أنشِطَةِ الخليةِ.

خلية حيوانية نموذجية

الفجوات الخويصلية هي جيوب تخزين في الخلية، لتخزين الدهون مثلاً.

د ن أ في النواة تبقى التعليمات التي يحملها تُنسخ وتُنقل إلى مُختلف أجزاء الخلية.

الشبكة الهيولية الباطنة الناعمة تُخلِّقُ الدهون.

الغشاء البلازمي (غشاء الخلية) يحيط بالخلية غشاءً بلازَمِيٍّ مَسَامِيٍّ يَتَحَكَّمُ بِحَرَكَةِ المَوادِّ (الكيماويات) مِنَ الخليةِ وإِلَيْهَا. فهو غِشاءٌ يَضِفُ مُنْفِذٌ «يَتَخَيَّرُ» الكيماوياتِ التي يُمكنُها المُرورُ عِبرَهُ من جانبٍ لآخر.

يتألف الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة الجزيئات.

الغشاء البلازمي (غشاء الخلية) الريبوسات عُضَيَّاتٌ رِيبِيَّةٌ تُخَلِّقُ البروتينات. وتكوِّنُ إمَّا طاقيةً في هَيُولَى الخليةِ أو مُلتَصِّقةً بِالشَّبكةِ الهَيُولِيَّةِ الباطنة.

الشبكة الهيولية الباطنة الخشنة

هَيُولَى الخليةِ (السَّيْتوبلازم) سائِلٌ هَلَامِيٌّ يَحوي العُضَيَّاتِ، وغالبًا ما يَدُورُ داخلَ الخليةِ.

المتقدرة عُضَيٌّ يُؤلِّقُ الطاقةَ لِلخليةِ بِتفاعلاتِ التَّنَفُّسِ الخَلَوِيِّ. وتُوفِّرُ طِائِفَةً مِنَ الطاقةِ كَبِيرَةً لِحدوثِ تلكِ التفاعلاتِ.

## الشبكة الهيولية الباطنة

شبكة الهَيُولَى الباطنة هي نُظْمُ العملِ في الخليةِ، وتتألف من منظومةٍ من الأغشيةِ

المُزدوجةِ تجري فوقها التفاعلاتِ الكيماويةُ، والأغشيةُ مُطَوَّاةٌ ومُرْتَصِّةٌ بعضها فوقَ بعضٍ كطبقاتِ الشَّطْرِيةِ؛ وهي تُتَّصَلُ بِالغِشاءِ التَّوَوِيِّ وبِالغِشاءِ البلازَميِّ (غِشاءِ الخليةِ).

نَبَاتِيَّةٌ شَبَكِيَّةٌ الغِثِّيَّةُ يَبْلُغُ طَوْلُها ٤٠ ميكرومترًا بالمُقارَنةِ مَعَ بَيَضَةِ النَّمَاةِ التي يَبْلُغُ طَوْلُها ٢٥٠,٠٠٠ ميكرومتر.



هذه الصورة المجهرية الإلكترونية، المُضطَنَّةُ اللَّوْنُ، لِنباتية شَبَكِيَّةٍ الغِثِّيَّةِ تُظهِرُ أَرْبَعَ خَلايا. أمَّا الخَليَتانِ الكُروِيَتانِ فهُمَا خَليَتانِ عُصَبِيَّتانِ.

المسام في الغشاء حَوْلَ النَّوَاةِ (الغِشاءِ التَّوَوِيِّ) تَسْمَحُ لِتَنَسُّجِ رَامُوزِ الد ن أ بِالانتِقَالِ إلى خارجِ النَّوَاةِ.

## النواة

النَّوَاةُ هي مَرْكَزُ التَّحَكُّمِ في الخليةِ؛ ونَحوي تعليماتِ كِيماويَّةٍ في جُزَيئاتِ د ن أ (الحامضِ التَّوَوِيِّ الرِّبِيِيِّ المَنْقُوصِ الأَكْسِجِينِ) لِكَافَّةِ ما تَقُومُ بِهِ الخليةُ. وَيَتَشَرَّدُ د ن أ عَادَةً في النَّوَاةِ كَأَلْيافٍ طَوِيلَةٍ. وتَحوي نَوَى مُعْظَمِ الخَلايا نَوَاةً واحدةً على الأقل؛ وهي جِسمٌ كرويٌّ صَغِيرٌ يُخَلِّقُ عُضَيَّاتٍ تُدعى الرِّيبَاسَاتِ (أو الأَجسامَ الرِّيبِيَّةَ).

## أحجام الخلايا

مُعْظَمُ الخَلايا الحَيَوانِيَّةِ يَتَرَاوَحُ قُطْرُها بَيْنَ ١٠ وَ ٢٠ ميكرومترًا (١/١٠٠ إلى ١/٥ من المليمتر)، بَيْنما الخَلايا النَّبَاتِيَّةُ أَكْبَرُ قَلِيلًا. لَكِنَّ الخَلايا تَتَفَاوَتُ أَحجامُها تَفَاوُتًا عَظِيمًا؛ فَاصْغَرُ الخَلايا التي تَعِيشُ حُرَّةً هي بَكْتِريَا تُدعى المَقْطُوراتِ، وَيَبْلُغُ قُطْرُ الخليةِ مِنْها حَوالِي ٠,١ ميكرومتر. أمَّا البُيُوضُ فَهِيَ خَلايا عِملاقَةٌ، أَكْبَرُها بَيَضَةُ النَّمَاةِ التي قَدْ يَبْلُغُ طَوْلُها ٢٥ سم، وهي أَكْبَرُ ما يُعْرَفُ من خَلايا.



بَيَضَةُ النَّمَاةِ قَدْ يَبْلُغُ وَزْنُها ١,٥ كِغ

## الخلايا

١٥٩٠ صانع نظارات طبي هولندي، رَحارِس جَانِسِن يَخْتَرُعُ المِجْهرَ المُركَّبَ (مِجْهرٌ فيه أَكْثَرُ من عَدْسَةٍ واحدة) فيَجْعَلُ الأَجسامَ الصَّغِيرَةَ الدَّقِيقَةَ مَرِيَّةً لِلعَينِ الأُولَى.

١٦٦٥ العالمُ الانكليزي روبرت هوك (١٦٣٥-١٧٠٣) يَتَحَصَّنُ شِرائِحَ رَقِيقَةً عِبرَ مِجْهرِهِ؛ فيَرى أَشْكالًا صُنْدُوقِيَّةً الشَّكْلِ يَدْعُوها «خَلايا».

١٨٣٨ طَبِيبانِ المَانيَّانِ ثِيودور شِفان (١٨١٠-١٨٨٢) وَجَاكوب مَانياس شَلِيدَن (١٨٠٤-١٨٨١) يَرْتَبِيانِ أَنَّ جَمِيعَ الكائناتِ الحيةِ تتألف من خلايا.

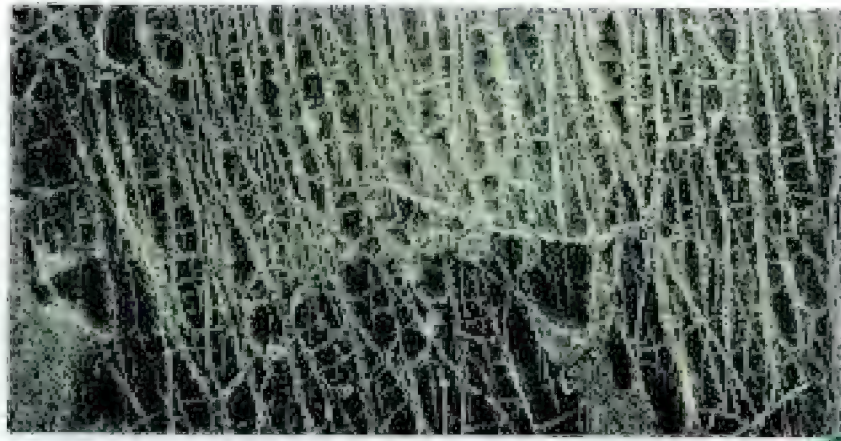
١٩٣٧ البَيُولُوجِي الفَرَنسِي، إدوار شاتون، يَلحَظُ أَنَّ بعضَ المُتَعَصِّياتِ المِجْهرِيَّةِ (بَدَائِيَّاتِ النَّوَاةِ) ذَاتُ خَلايا مُخْتَلِفَةٍ تَمَامًا عَنِ خَلايا جَمِيعِ الكائناتِ الحيةِ الأُخْرى.

خلية عصبية



## الخلايا النباتية

تختلف الخلية النباتية عن الخلية الحيوانية، أساساً، بأمرين مهمين - فهي مُحاطة، بالإضافة إلى الغشاء البلازمي، بجدار جاسي من السليولوز، كما تحوي عُضَيَات تُدعى جُيَلَات اليخضور تُكسبها لونها الأخضر. وتحتسب هذه الجيالات طاقة ضوء الشمس لتستخدمها الخلية في عملية التخليق الضوئي. معظم خلايا النبات تحوي أيضاً فجوات حوصلية كبيرة تُخزن السُّع الخلوي الذي يضغط على جدران الخلية فتبقى مكتنزة مُحافضة على شكلها. فالنبات يذبل بِعَوَز الماء وفُتور ضغط السُّع (ضغط الاكتناز) على جدران الخلايا.



خلية نباتية نموذجية



الغشاء البلازمي يقع بين الجدار السليولوزي والسيتوبلازم في الخلية.

جُيَلَات اليخضور مُنتزة في السيتوبلازم. وهي تكتسب لونها من خضاب أخضر فيها يُدعى اليخضور (الكوروفيل)، أمّا خلايا الجذور وبواطن الجذع والشوك فلا تحوي جُيَلَات اليخضور.

فجوة مليئة بالسُّع الخلوي

مُتقدرة

جدار الخلية

شبكة الهيولى الباطنة

السيتوبلازم (هيولى الخلية)

النواة

### تفحص الخلايا

معظم الخلايا أصغر جداً من أن يرى بالعين المجردة، لذا يُستخدم البيولوجيون المجاهر لتفحصها. قالمجهر الضوئي يُمكن تكبير الأشياء بوضوح إلى حوالي ٢٠٠٠ مرة، وتُستخدم أصباغ، أو إنارة خاصة، لإبراز أجزاء الخلية المختلفة. أمّا المجهر الإلكتروني فيمكنه تكبير الأشياء أكثر من مليون مرة، لكنه لا يُستخدم عادةً في تفحص عُيُنات حية. هذا وتبدو الصورة في مجهر المسح (التفرس) الإلكتروني مُجسمة ثلاثية الأبعاد تقريباً.

صورة مجهرية ضوئية لخلايا كبدية مُكبرة ٥٦ مرة. وقد جرى صبغ الخلايا لتيسير رؤيتها. وحيث إن النوى أشد امتصاصاً للصبغ فلها تبدو أعمق لونا.

صورة مجهرية إلكترونية لخلايا كبدية مُكبرة ٩٠ مرة ومُلوّنة اصطناعياً. درجة التكبير في المجهر الإلكتروني يُمكن أن تكون قليلة أو كبيرة جداً.

صورة مجهرية ضوئية للياف عضلية مُكبرة ١٤٠ مرة. يُمكن مشاهدة النوى المتعددة وكذلك بعض التخطيط المميز للعضلات التي تشد العظام.

صورة مجهرية إلكترونية مُلوّنة اصطناعياً للييفة عضلية مُفردة، مُكبرة ١٩٤٠ مرة. تتألف اللييفة من لَيَفَات مُتوازية عديدة، يُلغ قُطر اللييفة منها ١/٢ من المليمتر.

### بنية جدار الخلية

تتألف جدران الخلايا النباتية من مادّة متينة تُدعى السليولوز. فتصنع الخلية أليافاً دقيقة من هذه المادّة، بانية إياها في طبقات متصالية خارج الغشاء البلازمي، لتولّف غلافاً صندوقيّاً جاسياً حولها. ويبدو هذه الجدران الخلوية السليولوزية المتينة، كانت معظم النباتات تُسوخ إلى كتل رُخوة خضراء.

صورة مجهرية ضوئية للبكتيريا الملبنة في اللبن الرائب. وهي مُنارة بضوء أخضر ومُكبرة ٤٠٠ مرة.

صورة مجهرية بالمسح الإلكتروني (التفرس) للبكتيريا الملبنة مُكبرة ١٠٠٠ مرة. المجاهر الإلكترونية تُنتج صوراً بالأسود والأبيض، أمّا الصورة هنا، فقد لُوْنَتْ اصطناعياً بالحاسوب.

بكتيريا (جرثومة) نموذجية

جزء من أ طليق في هيولى الخلية غشاء بلازمي (غشاء الخلية)

هيولى الخلية (السيتوبلازم)

جدار خلوي تخزن خارج الغشاء البلازمي

زوائد سطحية تُحرك البكتيرية.

### الخلايا البدائية

خلايا البكتيريا والمُتعضيات الصغرية الأخرى لا تحوي نوى ولا مُتقدرات، وتُدعى بدائيات النوى. أمّا باقي الخلايا الأخرى، كخلايا النبات والحيوان، فتحوي نوى، وتُدعى سوِيَات أو حَقِيَقَات النوى، وهي أكثر شُبوهاً.

#### لمزيد من المعلومات انظر

الغلاء - كيف وماذا يعملون ص ١٤  
الإبصار ص ٢٠٤  
المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤  
الجرثيم (البكتيريا) ص ٣١٣  
التخليق الضوئي ص ٣٤٠  
التفس الخلوي ص ٣٤٦



خليتان حارستان حول ثغور نباتي

خلية حيوانية دهنية

خلايا نباتية غريبة

خلية حيوانية عضلية

خلية دم حمراء (لحيوان لبون)

### أشكال مختلفة لوظائف مختلفة

الخلايا المُختلفة السط في النبات والحيوان هي خلايا مُتخصصة للقيام بوظيفة مُحددة. فالخلايا الدهنية تخزن الدهن كنسيج دهني، أو ليحين الحاجة إلى دهن للطاقة. والخلايا العصبية تنقل الرسائل بين أجزاء الجسم إلى جزء آخر، والخلايا العضلية تنقل لتحرك أحد أجزاء الجسم. وتنقل خلايا الدم الحمر الأكسجين في الحيوان، كما تنقل الخلايا الغريبة المُغذيات في النبات. وبخلاف معظم الخلايا الأخرى، فهذان النوعان من الخلايا عديما النواة. وتواجه الخلايا الحارسة في سطح ورقة النبات وتحكم بالثغرات لضبط السُّع والتنفس، وهي تحوي أيضاً جُيَلَات اليخضور لاستخدام طاقة الشمس في التخليق الضوئي.

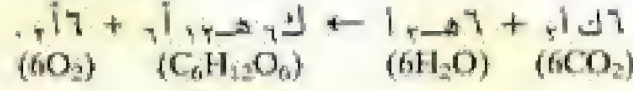


# التَّخْلِيْقُ الضَّوئِيّ

نحنُ لا يُمكننا تخليقُ الغذاءِ بِمُجَرَّدِ التَّعَرُّضِ لِنُورِ الشَّمْسِ كما تفعلُ النباتاتُ. فخلالَ عمليةِ التخليقِ الضوئيّ تَسْتَمِدُّ النباتاتُ الطَّاقَةَ مِنْ شَعِّ الشَّمْسِ لِتَسْتَخْدِمَهَا فِي تَحْوِيلِ المَاءِ وَثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ إِلَى سَكَّرٍ بَسِيطٍ يُدْعَى الغلوكوز. وهي تَسْتَهْلِكُ قِسْماً مِنْ هَذَا الغلوكوز فِي أَنْشِطَةِ خَلايَاها، وَتَحَوِّلُ الباقِي إلى مَوادِّ أُخَرى كَالنَّشَاءِ وَالسَّلِيلُوز. والنباتاتُ لَيْسَتْ الكائناتِ الحيةِ الوَحيدةُ التي تَقُومُ بِعَمَلِيَّةِ التخليقِ الضوئيّ، فَبَعْضُ الأوالي وَبُدايَّاتِ النُّوى (المُونيرا) تُخَلِّقُ الغذاءَ بِهذهِ الطَّريقةِ أَيْضاً.



فِي عَمَلِيَّةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوئِيّ تُفَاعِلُ الأوراقُ المَاءَ وَثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ وَتُنتِجُ الغلوكوزَ والأُكْسِجِينَ، حَسَبَ المُعادلةِ الكِيمَاوِيَّةِ التَّالِيَةِ:



## لماذا أوراقُ النَّباتِ فِي مُعْظَمِها خَضراءُ؟

يَتَأَلَّفُ ضَوْءُ الشَّمْسِ مِنْ ألوانٍ مُتَعَدِّدةٍ. وَغالبيةُ النباتاتِ تَحْوِي خَضِيباً أَخْضَراً، يُدْعَى اليَخْضُورَ (الكلوروفيل)، يَعْكِسُ الجُزْءَ الأَخْضَرَ مِنَ الضَّوءِ، فَنَرَاهَا خَضراءُ. وَيَمْتَصِّصُ اليَخْضُورُ الجُزْأَيْنِ الأَزْرَقَ والأَحْمَرَ وَيُسْتَخْدِمُهُمَا فِي عَمَلِيَّةِ التخليقِ الضوئيّ. وَهُنالكُ نباتاتٌ، كَالزَّائِنِ التَّحَاسِيّ أَوْ الأَرْجَوَانِيّ اللَّوْنِ المُبِينِ فِي الحَرَجَةِ أعلاه، وَكَالأَعْشَابِ البَحْرِيَّةِ الحُمْراءِ وَالبَيْتِيَّةِ، تَسْتَخْدِمُ بِالإِضَافَةِ إِلَى اليَخْضُورِ، خَضِيباً أُخَرى تَمْتَصُّ أَلْوَاناً أُخَرى مِنَ الضَّوءِ فَلَا يَبْدُو خَضراءُ.

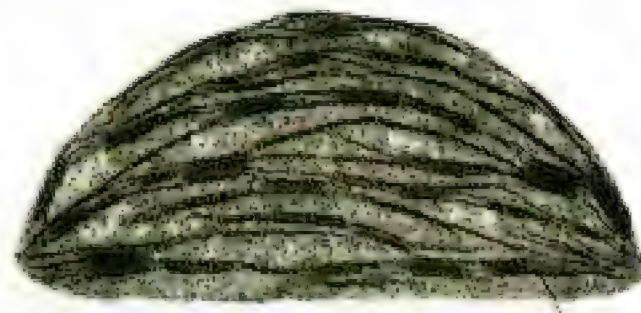
## كِيمياءُ التَّخْلِيْقِ الضَّوئِيّ

تَبْنِي عَمَلِيَّةُ التَّخْلِيْقِ الضَّوئِيّ فِي الأوراقِ حَيْثُ يَحْوِي العَدِيدُ مِنْ خَلايَاها عُضَيَّاتٍ دَقِيقَةً تُدْعَى جَبَيْلاتِ اليَخْضُورِ. يَحْتَسِبُ اليَخْضُورُ وَالخُضْبُ الأُخَرى، فِي الجَبَيْلاتِ، طَاقَةَ شَعِّ الشَّمْسِ لِتَسْخِيرِها فِي إِمْتِامِ سِلْسِلَةٍ مُعَقَّدَةٍ مِنَ التَّفاعُلاتِ الكِيمَاوِيَّةِ. فِي هَذِهِ التَّفاعُلاتِ تَتَحَلَّلُ جُزْأِيَّاتُ المَاءِ إِلَى ذَرَّاتٍ مِنَ الهَيْدُرُوجِينِ والأُكْسِجِينِ؛ فَتُجَدُّ ذَرَّاتُ الهَيْدُرُوجِينِ بِجُزْأِيَّاتِ ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ لِتُنتِجَ الغلوكوزَ، وَيُطْلَقُ الأُكْسِجِينُ خُراً كَناتِجٍ ثانَوِيّ.



## تَحْرِيرُ الأُكْسِجِينِ

لَا يُمكننا مُشاهدةُ الأُكْسِجِينِ الذي تُطْلِقُهُ النَباتاتُ فِي الظُّروفِ العادِيَّةِ. لَكِنْ أَثناءَ عَمَلِيَّةِ التخليقِ الضوئيّ فِي النَباتاتِ المائِيَّةِ، تَتَكَوَّنُ فِقَاقِيْعُ الأُكْسِجِينِ أحياناً عَلَى سَطُوحِ الأوراقِ. أَمَّا ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ فَتُخْضَلُ عَلَيْهِ هَذِهِ النَباتاتُ مِنَ المُذابِ مِنْهُ فِي المَاءِ.



يَنْتَشِرُ اليَخْضُورُ عَلَى سَطُوحِ الأَقْرَاصِ.

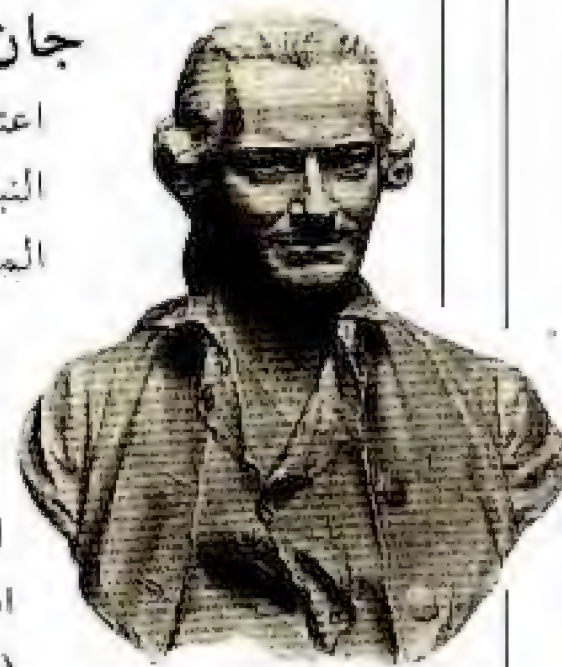
## أوراقُ الخريفِ

فِي الخريفِ، يَتَحَلَّلُ اليَخْضُورُ فِي أوراقِ الكَثِيرِ مِنَ الشَّجَرِ (نَسْمِيها السَّيْبِلَةَ) فَتُكَلِّفُ حِينَئِذٍ بَأْيَ خُضْبٍ أُخَرى باقِيَةً فِيها كَالخُضْبِ الجُزْرائِيَّةِ التي تَجْعَلُ الجُزْزَ بَرُوقاً، أَوْ الأَنْثُوسِيانِيَّةِ، التي تَجْعَلُ بَعْضَ التَّفاحِ أَحْمَرَ.



## جان إنجنهورز

اعتقدَ الناسُ سائِفاً أَنَّ نُمُوَّ النَباتاتِ يَتِمُّ بِأَمْتِصاصِ المَوادِّ مِنَ التُّرْبَةِ فَقَط. ثُمَّ بَيَّنَ فِي القَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ أَنَّها تَحْتَاجُ إِلَى الهَوَاءِ أَيْضاً. فَقَدْ اكْتَشَفَ العالِمُ الهولَنديّ، جان إنجنهورز (١٧٣٠-١٧٩٩)، أَنَّ



النَباتاتُ، فِي نُورِ الشَّمْسِ، تَأْخُذُ ثَانِي أُكْسِيدِ الكَرْبُونِ مِنَ الهَوَاءِ وَتَلْفِظُ الأُكْسِجِينِ. كَمَا وَجَدَ أَنَّ مَسارَ هَذَيْنِ الغَازَيْنِ يَعْكِسُ فِي الظُّلْمَةِ (نَتِيجَةُ لِعَمَلِيَّةِ التَّنَفُّسِ المُسْتَمِرَّةِ).

## لَمزيد من المعلومات انظر

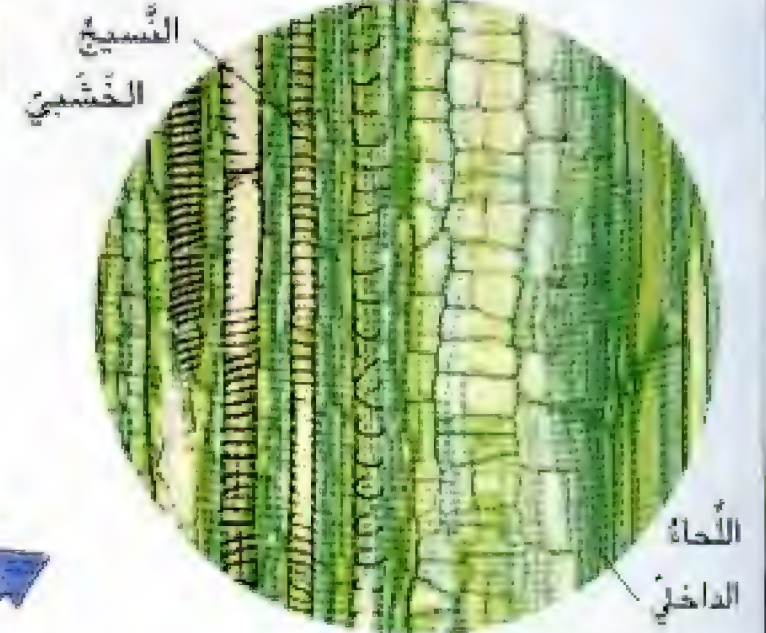
- توصيفُ التَّفاعُلاتِ ص ٥٣
- الضَّوءُ ص ١٩٠
- الألوانُ ص ٢٠٢
- الهَضْمُ ص ٣٤٥
- التَّنَفُّسُ الخَلَوِيّ ص ٣٤٦
- النُّمُوُّ وَمَراحِلُهُ ص ٣٦٢



# نظام النقل في النبات

إذا أغفلت تزويد نبتة منزلية بالماء، فإنها تذبل وتموت. ويحدث ذلك لأن النباتات تحتاج إلى الماء لتعيش. يسري الماء صعداً عبر جذور النبتة وسوقها وأغصانها، ويتبخر في الهواء بالتسح من أوراقها وأزهارها. وتعمل هذه الحركة على إبقاء خلايا النبتة مكتئزة، كما تحمل إلى عل المواد الغذائية المذابة من التربة. وفي النبات نظام نقل آخر يدعى "انتقال النسج الكامل" يعمل عادة في الاتجاه المعاكس، حاملاً المواد الغذائية من الأوراق إلى البراعم والعساليج والجذور.

يتبخر الماء من الورقة  
عبر مسام دقيقة تدعى  
ثغرات، تنتشر بخاصة على  
صفحتها السفلى.



## نظام نقل في اتجاهين

ينتقل الماء صعداً في النبتة عبر خلايا النسج الخشبي الأسطوانية الشكل والمتصلة طرفاً بطرف. وعندما تموت تلك الخلايا تخلف وراءها أوعية أبوية دقيقة ملأى بالنسج الناقص تمتد من الجذور صعداً إلى كل ورقة. أما المواد الغذائية المذابة (النسج الكامل) فتنتقل عبر نظام من الأوعية الأبوية المختلفة تؤلفها خلايا اللحاء الداخلي.

## التسح

تفقد الشجرة الضخمة يومياً قرابة ألف لتر من الماء عبر أوراقها بالتبخر، فما الذي يدفع الماء صعداً لتعويض ذلك؟ الواقع أن الماء الصاعد يدفع ويجذب. فالجذور غالباً تدفع الماء صعداً إلى مدى قليل بما يدعى ضغط الجذور، كما إن الماء المتبخر من الأوراق يجذب مزيداً من الماء ليحل محله. ويحدث هذا في بعضه، لأن جزيئات الماء يجذب بعضها بعضاً، وفي بعضه الآخر بالضغط التناضحي (الأزموزي).



## الإغذاء بالنسج

المانع السكري في خلايا اللحاء (الداخلي) يوفر غذاء غنياً بالطاقة للحشرات ماصة النسج، فالأزق (حشرات المن) تنقب السوق وخلايا اللحاء الداخلي بأجزاء أفواها الحادة، ثم تجرس النتر الشغبي. وأحياناً تجرس الأزقة من المادة السكرية أكثر مما يمكنها هضمه، فتفرزه قطرات لرجة تدعى غسل الأزق.

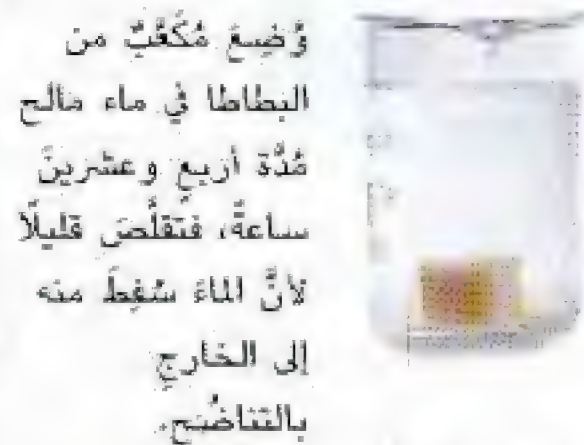


## أنابيب النقل

خلايا النسج الخشبي واللحاء الداخلي تتضام معاً في مجموعات تدعى الحزم الوعائية - يكون النسج الخشبي من الداخل واللحاء من الخارج. وغالباً ما تكون خلايا النسج الخشبي مقواة مما يبني الأنابيب مفتوحة لانتقال السوائل صعداً بسهولة.

## الإذماغ (النضح)

أحياناً في النباتات الخفيفة (اللاطنة)، يضح الماء صعداً من الجذور بسرعة تفوق سرعة نتجه من الأوراق. فتتكون نتيجة لذلك قطرات ماء حول أطراف الورقة لأن الماء لم يتبخر بسرعة كافية. ويعرف هذا بالنضح أو الإذماغ النباتي. ويحدث الإذماغ غالباً بعد العتمة شرط أن يكون الهواء ساكناً ورطباً.



## التناضح

إذا وضعت عشتول بطاطا مقشوراً في ماء مالح جداً، فسيفقد الماء من خلايا البطاطا إلى الخارج. أما إذا وضعت في الماء العادي، فخلايا البطاطا هي التي تمتص الماء حينئذ. إن سريان الماء إلى الخلايا أو منها يدعى التناضح. وفي عملية التناضح يسري الماء عبر غشاء نصف منفذ من الجانب الذي يحوي نسبة أعلى من جزيئات الماء إلى الجانب الذي يحوي نسبة أخفض من جزيئات الماء (وبالتالي مواد مذابة أكثر).



## ملاحظة التسح

يمكنك معاينة التسح عملياً بوضع ضلع مورق من الكرفس في إناء لؤن ماؤه بصيغ أطعمية أحمر. فمع تبخر الماء من الأوراق يصعد الماء في الضلع حاملاً الصيغ معه. وهذا دليل بين على أن الماء ينتقل عبر أنابيب دقيقة هي خلايا النسج الخشبي.

## لمزيد من المعلومات انظر

- النظرية الحركية ص ٥٠
- الألوان ص ٢٠٢
- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦



## التَّغْذِيَّة

كُلُّ كائِنٍ حَيٍّ يَحْتَاجُ إِلَى الْمُغَذِّياتِ (الموادِّ الأوَّلِيَّة) لِيَعِيشَ. وَالتَّغْذِيَّةُ هِيَ وَسِيلَةُ الحُصُولِ عَلَى تِلْكَ المَوادِّ وَاسْتِخْدَامِهَا كَمَا يَنْبَغِي. وَالإِنْسَانُ، كَسَائِرِ الحَيَوَانَاتِ الأُخْرَى، غَيْرِيّ الإِغْتِذَاءِ، إِذْ يَحْصُلُ عَلَى الْمُغَذِّياتِ بِتَنَاوُلِ الأَطْعَمَةِ العُضْوِيَّةِ مُرَكَّبَةٍ. وَتَحْوِي الأَطْعَمَةُ المَخْتَلِفَةُ ثَلَاثَةَ أَنْوَاعٍ رَئِيسِيَّةٍ مِنَ الْمُغَذِّياتِ هِيَ البَرُوتِيناتِ وَالدُّهُونَ وَالكَرْبوهْدْرَاتاتِ. فَالبَرُوتِيناتُ تُبْنِي أَجْسَامَنَا وَتُرَمِّمُ مَا يَتَلَفُ مِنْ أَنْسِجَتِهَا، أَمَّا الدُّهُونُ وَالكَرْبوهْدْرَاتاتِ فَتُسْتَخْدَمُ أَساسًا لِتَوْفِيرِ الطَّاقَةِ. كَذَلِكَ نَحْتَاجُ إِلَى مُغَذِّياتٍ أُخْرَى، لَكِنْ بِمَقَادِيرٍ أَقَلٍّ، كَالْمَعَادِنِ الَّتِي تُبْنِي جُزْئِيَّاتٍ مُهِمَّةً فِي الجِسْمِ، وَالفِيتَامِيناتِ الَّتِي تَحْفِزُ تَفَاعُلَاتٍ كِيمَاوِيَّةً مُعَيَّنَةً. أَمَّا النِّبَاتاتُ فَمُخْتَلِفَةُ طَرِيقَةِ العِيشِ تَمَامًا، فَهِيَ ذَاتِيَّةُ الإِغْتِذَاءِ تَقُومُ بِتَصْنِيعِ غِذَائِهَا بِنَفْسِهَا، وَلَا تَحْتَاجُ فِي ذَلِكَ إِلَّا إِلَى مُغَذِّياتٍ بَسِيطَةٍ كَثَانِي أَكْسِيدِ الكَرْبُونِ مِنَ الهَوَاءِ، وَالمَاءِ وَالأَمْلَاحِ المَعْدِنِيَّةِ مِنَ التُّرْبَةِ.



### الغذاء المُتَوَازِن

التَّغْذِيَّةُ الجَيِّدَةُ تُعْنِي تَنَاوُلَ الغِذَاءِ الصَّحِيحِ بِالنَّسَبِ الصَّحِيحَةِ. فِي الطَّبَقِ أَغْلَاهُ، وَجِبَةُ تَشْمَلُ أَصْنَافَ أَطْعَمَةٍ مُخْتَلِفَةٍ تُوفِّرُ تَوَازُنًا مِنَ البَرُوتِيناتِ وَالدُّهُونِ وَالكَرْبوهْدْرَاتاتِ، كَمَا تَحْوِي مَدَى شَامِلًا مِنَ المَعَادِنِ وَالفِيتَامِيناتِ. إِنَّهُ مِنَ المُهِمِّ جَدًّا تَنَاوُلُ تَشْكِيلَةٍ شَامِلَةٍ مِنَ الأَطْعَمَةِ، بِذَلِكَ الأَطْعَمَةُ "الخَفِيفَةُ" كَالْمَقْلُوبَاتِ القَرَشَةِ، الَّتِي تُوفِّرُ غَالِيًا الدُّهُونَ وَالكَرْبوهْدْرَاتاتِ دُونَ سِوَاهَا.



الطُّيُورُ الطَّنَانَةُ تُوفِّرُ  
طَاقَةَ النُّحُومِ  
وَالاسْتِقْرَارَ أَمَامَ  
الزَّهَارِ مِنَ الرَّحِيقِ  
المَغْشَرِيِّ الغَنِيِّ  
بِالسُّكَّرِيَّاتِ، لَكِنْ  
الرَّحِيقَ فَقِيرَ  
بِالبَرُوتِينِ، لِذَا تُعَزِّزُهُ  
الطَّنَاناتُ بِالتَّهَامِ بَعْضَ  
الحَشَرَاتِ أَيْضًا.

شَرْفَةُ (أَسْرُوع)  
الْفَرَّاشَةُ المَقْرُوقَةُ الذَّلِيلِ  
(بَابِيلِيو مَأكَاوُن) تَكَاوُ  
لَا تَتَوَقَّفُ عَنِ الأَكْلِ مَا  
دَامَتْ يَبْقَظَةُ.



### سُوءُ التَّغْذِيَّةِ

إِذَا فَقَدَ غِذَاءُ الحَيَوَانِ نَوْعًا مُعَيَّنًا مِنَ الْمُغَذِّياتِ تَتَحَرَّفُ صِحَّتُهُ لِسُوءِ التَّغْذِيَّةِ، وَقَدْ يُعَانِي مِنَ "دَاءِ العَوَزِ". فِي بَعْضِ أَقْطَارِ العَالَمِ، يُعَانِي الأَطْفَالُ مِنَ الكَوَاشِرْكَورِ السَّعْلِيِّ، وَهُوَ عَوَازٌ (دَاءُ عَوَزِي) سَبَبُهُ نَقْصُ البَرُوتِيناتِ. وَالنِّبَاتاتُ أَيْضًا تُسُوءُ حَالُهَا إِذَا افْتَقَرَتِ التُّرْبَةُ إِلَى بَعْضِ المَعَادِنِ المُهِمَّةِ. أَوْرَاقُ الكَرَزِ المُسَبَّغَةُ أَغْلَاهُ، تُعَانِي مِنَ عَوَزِ المَغْنِيسِيُومِ.



مِنْقَارُ الطَّنَانِ  
طَوِيلٌ أَتْيُوبِيّ الشَّكْلِ  
كَفَشَةِ الشَّرْبِ.

### النِّظَامُ الغِذَائِي

النِّظَامُ الغِذَائِي، بِالنَّسَبَةِ لِلْعَالَمِ، لَا عِلَاقَةَ لَهُ بِالجَمِيَّةِ وَتَخْفِيفِ الوِزْنِ، بَلْ هُوَ مُجْمَلٌ مَا يَتَنَاوَلُهُ الحَيَوَانُ مِنَ الطَّعَامِ. بَعْضُ الحَيَوَانَاتِ مُتَنَوِّعُ الطَّعَامِ، وَبَعْضُهُ أَتْيَقَاتِي مُتَخَصِّصٌ. فَالطَّنَانُ البَالِغُ، مَثَلًا، يَتَنَاوَلُ أَساسًا بِمِغْشَرِ (رَحِيقِ) الزَّهْرِ، وَهُوَ سَائِلٌ سَكَّرِيٌّ غَنِيٌّ بِالكَربوهْدْرَاتاتِ وَمَقْصُودٌ جَيِّدٌ لِلطَّاقَةِ.

### العَاشِبَاتِ

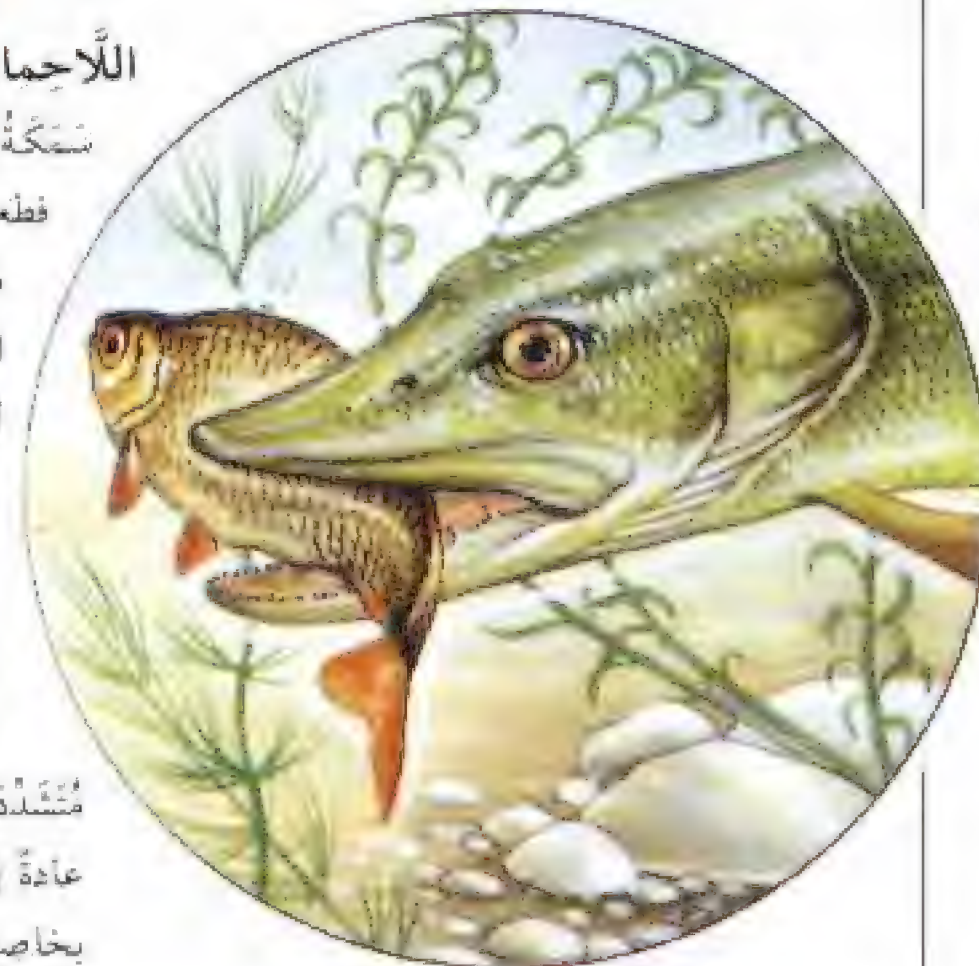
ضُرُوبٌ كَثِيرَةٌ مِنَ الحَيَوَانِ، مِنَ الأَسَارِيعِ حَتَّى القِيَلَةِ، تَتَنَاوَلُ بِالْأَغْذِيَةِ النِّبَاتِيَّةِ فَقَطْ، وَتُعرَفُ بِالعَاشِبَاتِ. لَكِنْ هَذَا الطَّعَامُ يَتَغَيَّرُ غَالِبًا إِلَى الْمُغَذِّياتِ. إِذَا تَقَضَّى العَاشِبَاتِ قِسْمًا كَبِيرًا مِنْ حَيَاتِهَا فِي الأَكْلِ لِلحُصُولِ عَلَى كِفَايَتِهَا مِنَ الطَّاقَةِ وَالمُغَذِّياتِ، بَعْضُ العَاشِبَاتِ، كَالجِئَالِ، يَحْوِي جِهَازَهَا الهَضْمِيَّ نَوْعًا مِنَ البِكْتِيرِيَا يُسَاعِدُهَا فِي تَحْلِيلِ الطَّعَامِ لِاسْتِخْلَاصِ الْمُغَذِّياتِ مِنْهُ.

### اللَّاحِمَاتِ

سَمَكَةُ الكَرَاكِي مِنَ اللُّوْاجِمِ - الَّتِي تَعْتَدِي بِالحَيَوَانَاتِ الأُخْرَى - فَطْعَامُهَا غَنِيٌّ بِالمُغَذِّياتِ، لِذَلِكَ تَكْفِيهَا وَجِبَةُ الوَاحِدَةِ مِنْهُ وَقْتًا طَوِيلًا. لَكِنْ هَذَا النُّوعُ مِنَ الطَّعَامِ لَيْسَ سَهْلَ المَآئِ، فَتَبْدُلُ السَّمَكَةُ غَالِبًا، كَمَا سَائِرُ اللُّوْاجِمِ، طَاقَةً وَجَهْدًا وَزَمَنًا طَوِيلًا لِإِجْمَاعِ وَجِبَةِ مِنَ الطَّعَامِ وَاقْتِنَاصِهَا.

### القَوَارِثِ

الرَّاکُوتُ وَالدُّبُّ وَالإِنْسَانُ مِنَ القَوَارِثِ الَّتِي تَعْتَدِي بِالأَطْعَمَةِ النِّبَاتِيَّةِ وَالحَيَوَانِيَّةِ. وَالقَوَارِثُ لَيْسَتْ مُتَسَدِّدَةً فِي اِتِّبَاعِ طَعَامِهَا - لِذَا يَتَسَرَّ لَهَا عَادَةً إِيجَادُ مَا تَأْكُلُهُ. وَتُسْتَطِيعُ الرَّاکُوتُ بِخَاصَّةِ الإِقْتِيَابِ بِمُضَلَّاتِ أَطْعَمَةِ الإِنْسَانِ.



### لِزِيْدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- كِيْمِيَاءُ الأَغْذِيَةِ ص ٧٨
- المَفْصَلَاتِ ص ٣٢٢
- الْأَسْمَاكُ ص ٣٢٦
- الْإِغْتِذَاءُ ص ٣٤٣
- الْأَسْتَنْ وَالمَغْكَانُ ص ٣٤٤
- الْهَضْمُ ص ٣٤٥
- السَّلَاسِلُ وَالشَّبَكَاتُ الغِذَائِيَّةُ ص ٣٧٧
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٢



## الاغْتِذاء

في العُصُورِ العَابِرَةِ، كانَ النَّاسُ يَحْصُلُونَ عَلَى قُوَّتِهِمْ بِجَمْعِ البُرُورِ وَالشَّمَارِ وَصَيْدِ الحَيَوَانَاتِ. أَمَّا اليَوْمَ فمُعْظَمُ طَعَامِنَا يُنتَجُ فِي المَزَارِعِ عَلَى اخْتِلَافِهَا؛ وَبَدَلُ أَنْ نَجْمَعَهُ بَأَنْفُسِنَا، يَقُومُ أَهْلُ الحَضَرِ وَسُكَّانُ المُدُنِ مِنَّا بِشِرَائِهِ مِنَ الحَوَانِيتِ. غَيْرَ أَنَّ ذَلِكَ مُخْتَلِفٌ جَدًّا فِي العَالَمِ الطَبِيعِيِّ؛ فَالحَيَوَانَاتُ البرِّيَّةُ تَقْضِي قِسْمًا كَبِيرًا مِنْ وَقْتِهَا فِي الاغْتِذاءِ أَوْ فِي طَلَبِهِ سَالِكَةً سُبُلًا تَعْتَمِدُ عَلَى نَوْعِ الطَّعَامِ الَّذِي تَأْكُلُهُ. فَالعَاشِبَاتُ (أَكِلَاتُ النَبْتِ) عَمُومًا لَا تَبْحَثُ بَعِيدًا عَنْ طَعَامِهَا، لِأَنَّ النَبَاتَاتِ مُسْتَقَرَّةٌ فِي مَوَاقِعِهَا لَا تُفَارِقُهَا. أَمَّا اللَّاحِمَاتُ (أَكِلَاتُ اللَّحْمِ) فَعَلِيهَا تَعَقُّبُ فَرَائِسِهَا وَقَنْصِهَا؛ لَكِنَّ بَعْضَ الحَيَوَانَاتِ، كَالْبَرَنْقَلِ وَشُقَّقِ البَحْرِ، يَقْبَعُ فِي مَكَانٍ وَاحِدٍ وَيَنْتَظِرُ اقْتِرَابَ الغِذَاءِ مِنْهُ.



### الأمان مع القطيع

تَقْتَدِي الغِزْلَانُ بالأعشابِ فِي شَهْوَى إفريقية الشاسعة المكشوفة أمام أعدائها الكثر - حيث سِيْلُهَا الدِّفاعِيّ الوحيدُ هو سُرْعَةُ العَدْوِ هَرَبًا. لِذَا نَجِدُ الغِزْلَانُ أَمَانًا أَفْضَلَ بِالْعَيْشِ قُطْعَانًا. فَبَيْنَمَا بَعْضُهَا يَرعى العُشْبَ، يَقُومُ البَعْضُ الأخرُ بِالمُراقِبةِ الحَظِيْرَةِ نَحْسَبًا لِأَيِّ خَطَرٍ دَاهِمٍ.



### المُفْتَرِسُ والفَرِيسَة

الرَّيَابَةُ القَرْمَةُ هِيَ إِحْدَى أَصْغَرِ اللَّبَنَاتِ المُفْتَرِسَةِ حَتْمًا إِذَا لَا يَزِيدُ طَوْلُهَا، مِنَ الرَّاسِ إِلَى طَرَفِ الذِيلِ، عَلَى ٧,٥ سم وَلَا يَزِيدُ وَزْنُهَا عَلَى ثِقَلِ مُكْعَبٍ مِنَ السُّكَّرِ. وَرُغْمَ حَجْمِهَا الضَّئِيلِ، فَهِيَ ضَارِيَةٌ شَرِسَةٌ تَقْبِضُ الخُرْطُونَ (دودة الأرض) بِأَسْنَانِهَا الحَادَّةِ وَتَبْدَأُ الاغْتِذاءَ بِهَا عَلَى الفُورِ. وَتَسْتَهْلِكُ الرَّيَابَةُ يَوْمِيًّا كَمِيَّةً طَعَامٍ تُقَارِبُ وَزْنَهَا كضَّرورةَ حَيَاتِيَّةٍ. أَمَّا الضُّوَارِي اللَّبُونَةُ الأَكْبَرُ، فَتَأْكُلُ كَمِيَّاتٍ أَقْلَ نِسْبًا، لِأَنَّ أَجْسَامَهَا تَسْتَهْلِكُ الطَّاقَةَ بِمُعْدَلٍ أَطْوَأَ كَثِيرًا.



### العمل كفريق

تَصِيدُ بَعْضُ الضُّوَارِي فَرَائِسِهَا بِالْعَمَلِ جَمَاعَةً كَفَرِيقٍ. هُنَا أَحَدُ بَنَاتِ أَوَى يُهاجِمُ الغَزَّالَةَ الأمَ، رُغْمَ أَنَّهُ لَا يَقْوَى عَلَيْهَا، لِيَصْرِفَ انْتِباهَهَا عَنْ صَغِيرِهَا - فِي جِنِّ يَنْقُضُ ابْنُ أَوَى الأخرُ عَلَى الصَّغِيرِ وَيَقْنِصُهُ. وَهَكَذَا يَنْجَحَانِ مَعًا فِي الحَصُولِ عَلَى وَجْهِ مَا كَانَ يَسْتَطِيعُ وَاجِدُهُمَا الحَصُولَ عَلَيْهَا بِمُفَرَّدَةٍ.

### الاغْتِذاء الارتشاحي

هَذِهِ الدُّودَةُ المَرْوَحِيَّةُ (بِرُوْتِيولا إِنْشِيْتُوم) تَعْتاشُ بِارتِشاحِ الجُسَيْمَاتِ الغِذَائِيَّةِ الدَّقِيقَةِ مِنَ المَاءِ. فَمَرَاوِجُهَا حَلَقَاتٌ مِنَ اللُّوَامِسِ تَحْتَسِسُ جُسَيْمَاتِ الطَّعَامِ؛ فَتَدْفَعُهَا شُعَيْرَاتٌ دَقِيقَةٌ نَحْرَ فَمِ الدُّودَةِ. هُنَاكَ حَيَوَانَاتٌ مُخْتَلِفَةٌ كَثِيرَةٌ تَعْتاشُ بِارتِشاحِ الغِذَاءِ، تَشْمَلُ الرُّخْوَاتِ، كَالْمَحَارِ وَبَلَحِ البَحْرِ وَالْإِسْفَنْجِيَّاتِ وَالحَبَّارَاتِ الكَبِيرَةِ. وَتَقْضِي الحَيَوَانَاتُ الصَّغِيرَةُ الارتِشاحِيَّةَ الاغْتِذاءَ عَادَةً حَيَاتِهَا البَالِغَةَ فِي مَكَانٍ وَاحِدٍ. أَمَّا أَكْبَرُ الحَيَوَانَاتِ الارتِشاحِيَّةِ التَّغْذِيَّةِ فَهِيَ الحَيَاتِيَّانِ الَّتِي تَرْتَشِيعُ غِذَاءَهَا أَثْنَاءَ السَّباحَةِ.



### الاغْتِذاء بِفَضَلَاتِ الطَّعَامِ

عِدَّةٌ مِنَ الفُطَّرِ المُخْتَلِفَةِ تَعْتَدِي بِالمَوَادِّ الغِذَائِيَّةِ فِي هَذِهِ القِطْعَةِ مِنَ الخُبْزِ. وَهِيَ طَبْعًا لَا تَبْتَلِعُ قِطْعَ الخُبْزِ كَامِلَةً، بَلْ تَمْتَصُّ مِنْهَا الكِيمَاوِيَّاتِ الغِذَائِيَّةِ بِوِاسِطَةِ كُتْلَةٍ مِنَ الخَيْطَانِ الدَّقِيقَةِ. وَهَذِهِ الفُطَّرُ، كَمَا البَكْتِيرِيَا، مُهِمَّةٌ جَدًّا لِأَنَّهَا تَعْمَلُ عَلَى تَفْكِكِهَا وَانْحِلَالِ بَقَايَا المُتَعَضِّياتِ الحَيَّةِ بَعْدَ مَوْتِهَا، وَلِذَلِكَ تُسَمَّى رَمَامَاتٍ. وَهَنَالِكَ فُطَّرٌ أُخْرَى تَعْتاشُ وَتَنْمُو عَلَى المُتَعَضِّياتِ الحَيَّةِ، وَتُسَمَّى طُفَيْلِيَّاتٍ.



### لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- الفطريات ص ٣١٥
- قناديل البحر والشفائق البحرية ص ٣٢٠
- المرجانيات ص ٣٢٤
- الرُّخْوَاتِ ص ٣٢٤
- البُيُونَاتِ ص ٣٣٤
- الأَسْنَانُ وَالْفَكَانُ ص ٣٤٤
- النَّمُو وَمَرَاوِجُهُ ص ٣٦٢
- السَّلَاسِيلُ وَالشَّبَكَاتِ الغِذَائِيَّةِ ص ٣٧٧
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٢

### شبكة تحت مائية

تَعِيشُ بِرَقَانَاتُ الكَادِيسِ (الدُّبَابَةِ الشَّعْرِيَّةِ الجَنَاحِيْنَ) فِي المَجَارِي النَهْرِيَّةِ حَيْثُ يَرْتَفِعُ مُعْظَمُهَا بَحْثًا عَنْ الغِذَاءِ. لَكِنَّ بَعْضًا مِنْهَا يَغْتَدِي بِأَسْلُوبٍ مُخْتَلِفٍ، فَتَحْبِسُ البَرَقَانَةُ شَبَكَةً حَرِيرِيَّةً تَقْبَعُ فِي فِي عُقْفِهَا بِالنَّظَارِ الحَيَوَانَاتِ الصَّغِيرَةَ الَّتِي تَسُوْقُهَا المِاءُ إِلَى الشَّبَكَةِ فَتَأْكُلُهَا.





# الأسنان والفكان



## تقطيع الطعام

يستطيع الكلب عضلات فكيه القوية فضفضة العظام بأسنانه. وهو حين يأكل يحرك فكيه السفلي صعوداً ونزولاً كالقبض. في العاشبات، يتحرك الفك السفلي من جانب إلى آخر، كما صعوداً ونزولاً.

أصلد جزء في جسم الإنسان هو سطوح تيجان الأسنان المكونة من المينا؛ وهي تحمي الأسنان من التآكل، وتمنع كيماويات الطعام من نخرها. والأسنان معينة للهضم تقطع الطعام وتطحنه ليتمكن هضمه بسهولة. اللبونات في معظمها ذات أسنان مخصصة طبيعة وشكلاً للقيام بوظائف مختلفة - فبعضها يقطع ويمزق، والبعض الآخر يقبض أو يطحن. أسنان الإنسان تنمو في مجموعتي أسنان، أسنان اللبن والأسنان الدائمة؛ وهي في كلتا الحالتين تتوقف عن النمو بعدما تظهر - بخلاف أسنان القوارض الإزميلية الشكل التي لا يتوقف نموها.



## الأسنان القارضة

قواطع الكوتيو، وهو قارض مائي، إزميلية الشكل دائمة النمو. وكل قاطعة منها تغطيها المينا من واجهتيها الأمامية فقط، فيأكل جانبيها الخلفي بسرعة أكثر تاركاً الحافة الأمامية حادة دوماً.



## أسنان اللواجم

الكلب لاجم نموذجي - يفتات باللحم غالباً. له في مقدم فكيه أنياب طويلة تقبض الطعام، تليها نحو مؤخرة الفم أضراس حادة مازقة تشل اللحم ليتمكن ابتلاعه.

قواطع ذاتية الشكل

فجوة فكية

## أسنان العاشبات

الكوتيو عاشب نموذجي - يأكل النبات فقط. قواطعه الطويلة تقطع سوق النبات العاشبية، وأضراسه تطحنها؛ وتفصل بين هاتين المجموعتين من الأسنان فجوة فكية.

## أسنان الإنسان

الإنسان من القوارت - التي تفتات بالنبات واللحم. فنحن نستخدم أسناننا الأمامية (القواطع) في قضم الطعام، وأنيابنا الصغيرة في قبضه، وأضراسنا (اللواجم) في طحنه وهرسه. وتشد الفك المتحرك (السفلي) صعوداً وجانبياً عضلات قوية تربطه بعظمي الوجنتين والضدعين. ويمكنك أثناء المضغ تحسّن التوتر في هذه العضلات.



تتغرز الأسنان بتوافق في أسنانه فكية خاصة.

## الأسنان الدائمة

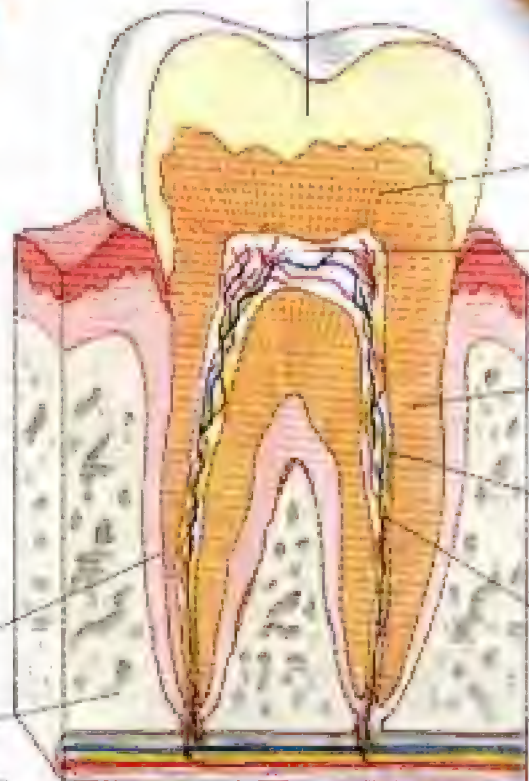


## الإنسان البشري

مجموعة الأسنان الأولى في الإنسان (الرؤاضع أو أسنان الحليب) تضم ثمان قواطع وأربع أنياب وثمان طواجن، أما المجموعة الثانية، المعروفة بالأسنان الدائمة، فتعديدها ٣٢ سنّاً عند معظم الناس؛ والثواجد (أضراس العقل) آخر ما يظهر منها، وهي قد لا تظهر مطلقاً عند بعضهم.

ملاط يتثبت الجذر في الفك.

عظم الفك



عاج السن

تجويف اللب

الجذر

وعاء دموي

عصب يتشد على طول الأوعية الدموية.

## الأسنان البسيطة

ليست كل أسنان الحيوانات مخصصة كأشنان اللبونات. فأسنان الرّواحف، كهذا السمك، متماثلة وتدي الشكل، لا يمكنها مضغ الطعام. فهي تلجأ إلى دسّر طعامها تحت جسم ضلب قمرقه، وتبلعه شققاً.



## عديمات الأسنان

كثير من الحيوانات مجهزة بأجزاء قموية ضلبة بدل الأسنان. فيرقانة السرمان (الرغاش) هذه تحطفت فريستها "بقناع" متمفصل خاص، يتقذف لقص الحيوانات العابرة. وللكثير من الحشرات العاشبية (كالجنادب) حجرة معدية تظحن الطعام بعد بلعه.



## باطن السن

الجزء الظاهر من السن، يقارب نصفه حجماً ويدعى التاج. وسطح السن مغطى بالنسباء فوق طبقة من العاج الصلب. ويملاً قلب السن لب طري حي وأوعية دموية وعصب. وترسخ الأسنان في عظم الفك جذور طويلة وإسمنت خاص.

## لمزيد من المعلومات انظر

- المفصليات ص ٣٢٢
- الرّواحف ص ٣٣٠
- اللبونات ص ٣٣٤
- الاغتداء ص ٣٤٣
- الهضم ص ٣٤٥
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢



# الهضم

في عملية الهضم، تتحلل المواد المعقدة التي تؤلف الطعام (من كربوهيدرات وبروتينات ودهون) إلى مركبات أبسط يمكن للجسم امتصاصها. ويبدأ الهضم حالما يبدأ بمضغه. وخلال مرور الطعام في المعدة ثم في المعى الدقيق، تعمل أنزيمات (بروتينات خاصة) مختلفة على هضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون. وتتمص منتجات الهضم عبر جدار المعى؛ وكل ما لا يهضم يتابع مساره في القناة الهضمية إلى خارج الجسم. إن عملية الهضم هي أولى الخطوات للحصول على الطاقة من الطعام.



## الهضم الخارجي

العناكب ذات أفواه البغلة الصغرى، إذا فهي تهضم غذاءها قبل ابتلاعها. فعندما تقتبض العنكبوت حشرة، تحقنها بسائل أنزيماتي يخلل الأجزاء الطرية في جسد الحشرة، ثم تستعيد العنكبوت السائل والمغذيات بامتصاصها.

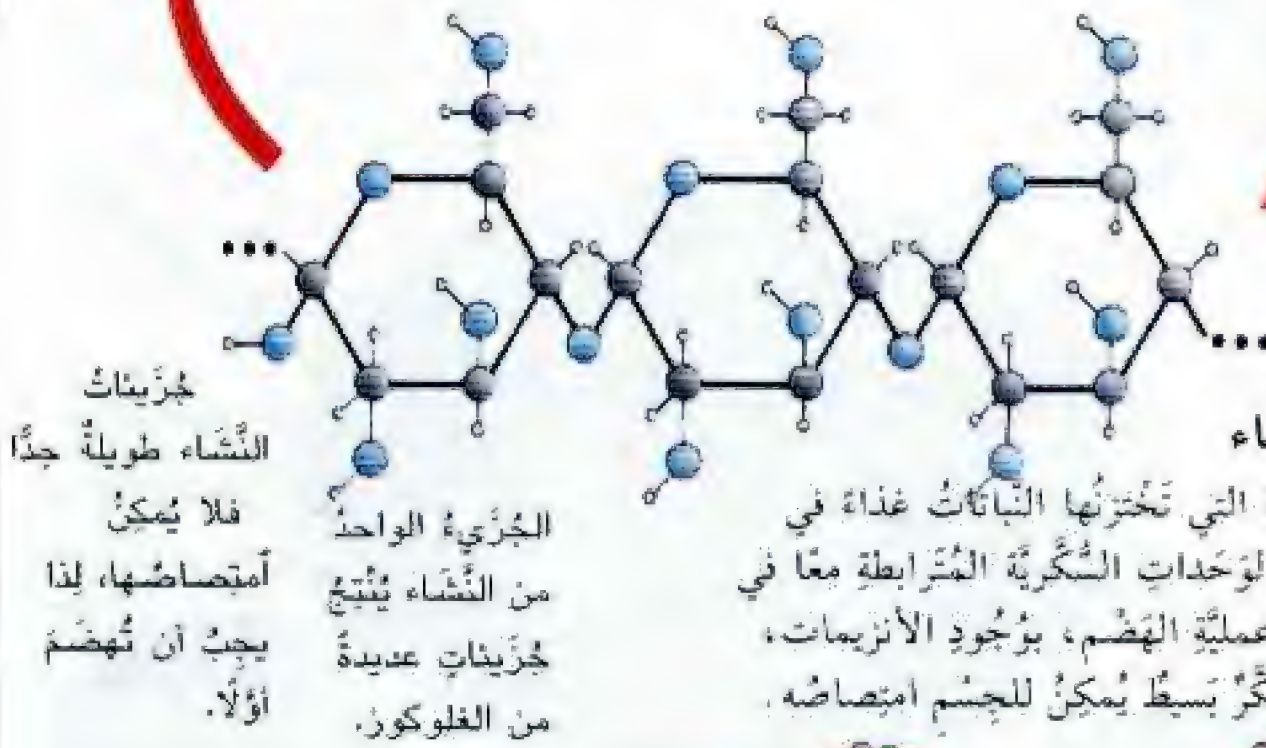
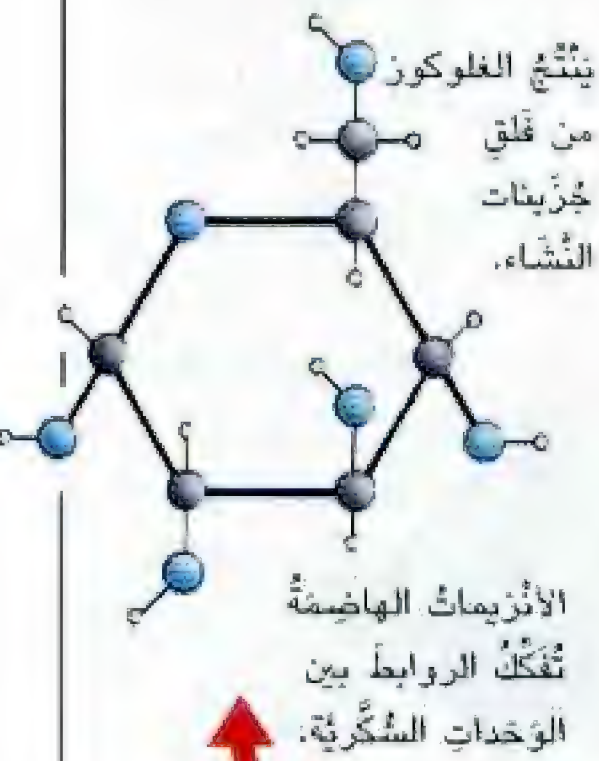


## غذاء بالواسطة

لا تستطيع الأرض هضم سيلولوز النبات بنفسها، لذا تلجأ إلى فطر يهضمه لها. فتكسب قطعاً من ورق النبات تحت الأرض وتستخدمها لاستنبات الفطر الذي يهضم الغذاء النباتي ويمثله. ثم تقتات الأرض بقطع من الفطر نهضمها بسهولة.

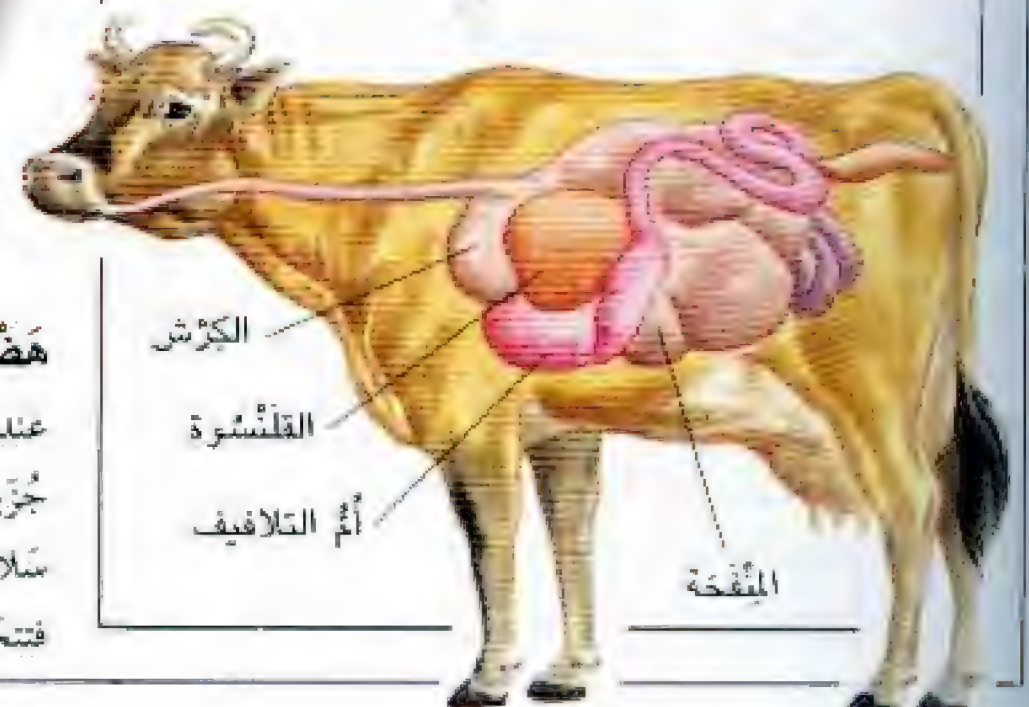
## الهضم في الفئران

عندما يتبلع الفأرة طعاماً ينتقل أولاً إلى المعدة حيث يتحلل جزئياً بواسطة حامض قوي. ثم يتابع مساره إلى المعى الدقيق فالغليظ حيث تمتص منتجات الهضم والماء. يفرز بنكرياس الفأرة مواداً هاضمة قلوية تعادل حامض المعدة. أما الممرغة فهي كيس رديء (غير نافذ) يتم فيه هضم الغذاء النباتي.



## كيف تهضم البقرة العشب

تهضم الأبقار العشب بمساعدة متعضيات صغرية ومعدة رباعية الأقسام. يدخل الطعام أولاً إلى الكرش فالقلسوة حيث تعمل المتعضيات المجهرية على تحليل السليولوز. ثم تجتر البقرة الطعام فتضغه ثانية وتبلعه ليعود إلى المعدةتين الأخرتين حيث يتم هضمه. نحن لا نستطيع هضم السليولوز في غذائنا النباتي، لذا فهو يعبر أجسامنا كخسائر أو ألياف.



## هضم البروتينات والدهون

عندما نأكل قطعة من اللحم، تتحلل البروتينات والدهون المتواجدة فيها إلى جزيئات أصغر جداً يجري امتصاصها في المعى الدقيق. تتحلل البروتينات إلى سلاسل عديدة الببتيد؛ وهذه تتحلل بدورها إلى أحماض أمينية. أما الدهون فتتحول أولاً إلى قطرات دقيقة ثم تتحلل إلى غليسرول وأحماض دهنية.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الحفارات ص ٥٦
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦



# التنفس الخلوي

تحتاج جميع الكائنات الحيّة إلى طاقة لتعيش، وهذه الطاقة تُستمد من الغذاء. فبعد هضم الوجبة من الطعام، تنتقل المواد المغذية إلى الدم ومنه إلى الخلايا حيث تتحلل بالانزيمات لإطلاق ما بها من طاقة يُستفاد منها في شتى الأعمال الحيويّة. في التنفس اللاحيوي، تتفكك المغذيات (بخاصّة الجلوكوز) دون استخدام الأكسجين مُطلقة مقدارًا قليلًا من الطاقة. أمّا في التنفس الحيوي، الذي يجري داخل مُتقدّرات الخلية، فتتحدّ المواد المغذية بالأكسجين مُنتجة ماءً وثاني أكسيد الكربون كفضلات، ومُطلقة مقدارًا كبيرًا من الطاقة. وهذا التنفس هو الذي يُزوّد الجسم بمُعظم احتياجاته من الطاقة.



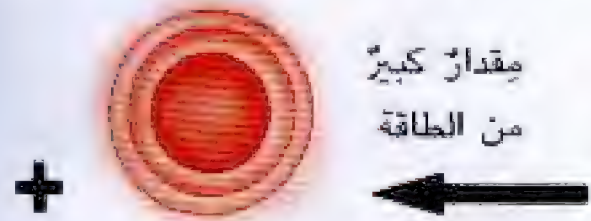
يُعمل التنفس الخلوي كنزّاية عبور  
تؤارة - يبتعد الطاقة حيث وحين يحتاج إليها.

## طاقة يُمكن التحكم بها

التنفس الحيوي شبيه بالاحتراق إذ فيه تتحدّ المواد المغذية (الوقود) بالأكسجين لإنتاج الطاقة. لكن هناك فرق مهم؛ فالاحتراق يحدث بسرعة وتنفذ الطاقة منه تواترًا فيما التنفس الحيوي يتطوّر على تفاعلات كيميائية عديدة، وينتج الطاقة بأشكال يُمكن التحكم بها.



في التنفس الخلوي يتفاعل الجلوكوز والأكسجين لينتج طاقة وثاني أكسيد الكربون وماء، حسب المعادلة الكيميائية التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$


مقدار كبير من الطاقة

ستة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون

ستة جزيئات ماء



تضمّ المُتقدّرة أغشية مُطوّاة تُوفّر سطوحًا فسيحة تجري فوقها التفاعلات الكيميائية.

تُخزن الطاقة المُنتجة أثناء عملية التنفس الخلوي باستخدامها في تحويل ثاني فسفات الأدينوسين (إي دي بي) إلى ثالث فسفات الأدينوسين (إي تي بي). وعند الحاجة إلى الطاقة يُنحل (إي تي بي) تواترًا لإطلاقها.



الجذمي الصيني (هيسكس روزاساينسز)

## التنفس في النبات

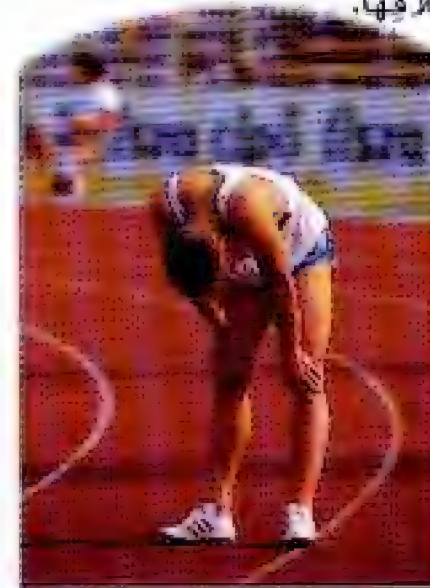
في ضوء النهار تُصنع أوراق النبات الخضراء غذاء (الجلوكوز والنشاء) بالتخليق الضوئي، وتستهلك بعض الطعام في عملية التنفس. لكنّها تُحلّل طعامًا أكثر ممّا تستهلك، لذا فإنّ الأوراق تأخذ ثاني أكسيد الكربون وتلفظ الأكسجين. أثناء الليل، يتوقّف التخليق الضوئي وتستمرّ عملية التنفس، فتأخذ الأوراق الأكسجين وتلفظ ثاني أكسيد الكربون.

## هانز كريس

كشف الكيميائي الألماني، هانز كريس (١٩٠٠-١٩٨١) دور الجلوكوز الكامل في عملية التنفس الخلوي. وكان معلومًا أنّ جزيء الجلوكوز يُنحلّ مُنتجًا مادة أبسط هي حامض البيروفيك، لكن ما كان أحد يدرى مصير حامض البيروفيك.



وقد كشف كريس أنّ هذا الحامض يدخل دورة متواصلة من التفاعلات الكيميائية في المُتقدّرات، تُعرف بدورة حامض الستريك أو دورة كريس، يُنحلّ فيها إلى ماءً وثاني أكسيد الكربون وتُخزن الطاقة المُنتجة خلال هذه التفاعلات في تحويل (إي دي بي) إلى (إي تي بي).



## التنفس اللاحيوي

إذا عدوت بسرعة مُنهكة، يُنفذ الأكسجين من نسيج عضلاتك فلا يُمكنها تحويل الجلوكوز إلى ماءً وثاني أكسيد الكربون؛ بل تتحوّل، بغياب الأكسجين، إلى حامض اللبّ (الذي يُسبّب تزايد مَعضًا عضليًا)، بالتنفس اللاحيوي. وخلال استراحتك بعد العدو يُنحلّ حامض اللبّ باستخدام الأكسجين. بعض المُعضيات، كالخمائر والبكتيريا، تعيش عادةً بالتنفس اللاحيوي دون سواه.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الفُسفور ص ٤٣
- الأكسجين ص ٤٤
- الاختصار ص ٨٠
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الهضم ص ٣٤٥
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



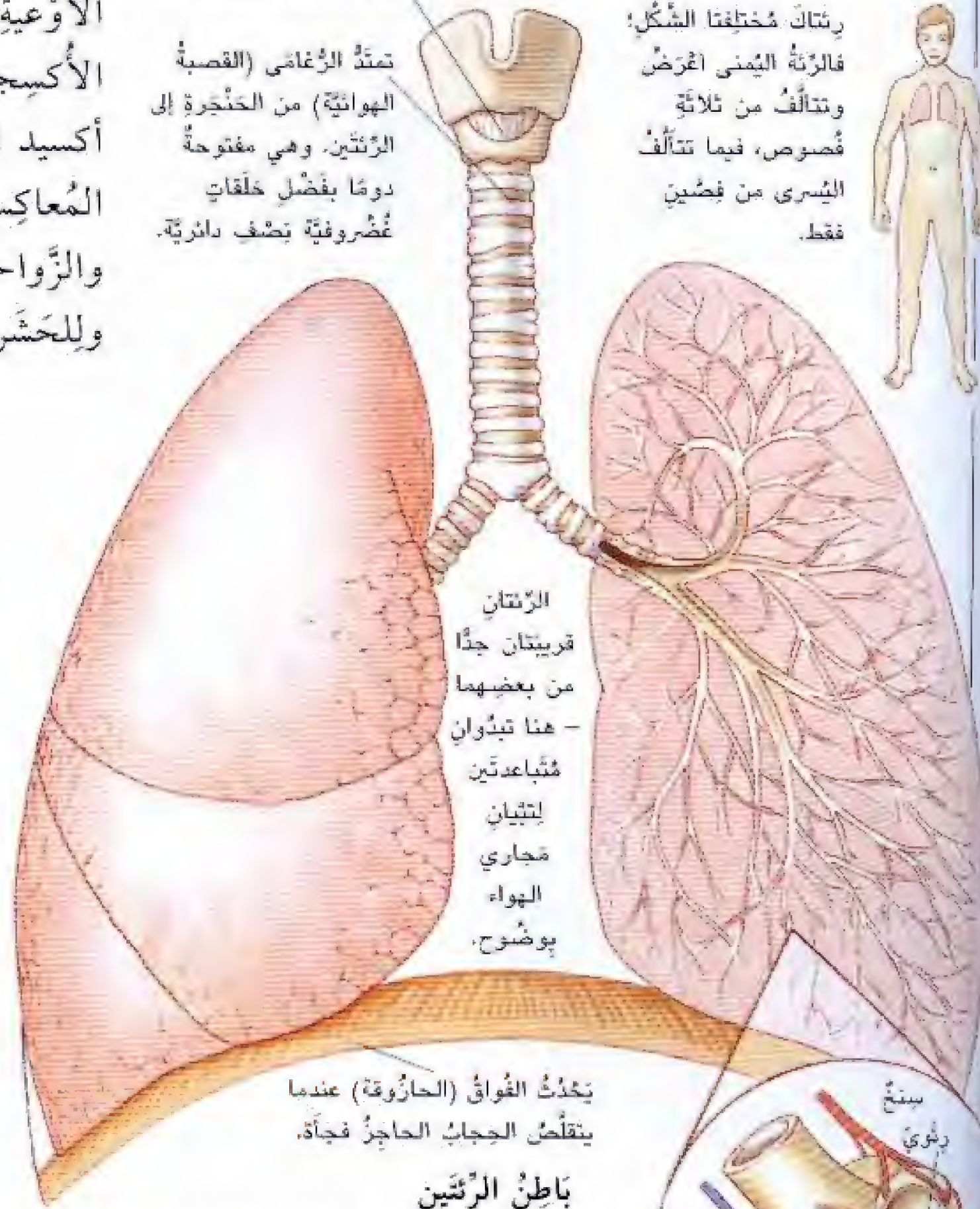
# التنفس

التنفس شهيق وزفير. في الشهيق يُسْفَطُ الهواء إلى داخل رئتيك، فينتشر أكسجين الهواء عبر بطانتها الرقيقة إلى الدم الجاري في الأوعية الدموية الدقيقة في الرئتين. وتحمل كريات الدم الحمراء الأكسجين إلى جميع أنسجة الجسم. وفي الوقت نفسه، يسري ثاني أكسيد الكربون (الغاز الناتج عن التنفس الخلوي) في الاتجاه المعاكس ليُطْرَدَ مع هواء الزفير. اللبونات والطيور والبرمائيات والزواحف تنفس برئتين، أما الأسماك فحيشومية التنفس. وللحشرات أنابيب تنفس قصبية ذات فتحات جانبية في بطونها.

الخجرة مثلك عُضْرُوقٌ يحوي الأوتار الصوتية. هواء الرُفِير يُذْبِذ الأوتار الصوتية فيحدث الصوت.

تمتد الرغامى (القصبة الهوائية) من الخجرة إلى الرئتين. وهي مفتوحة دوماً بفضل خلفات عُضْرُوقية تصف دائرية.

رئتان مختلفتا الشكل؛ فالرئة اليمنى أغرض وتتألف من ثلاثة فصوص، فيما تتألف اليسرى من فصين فقط.

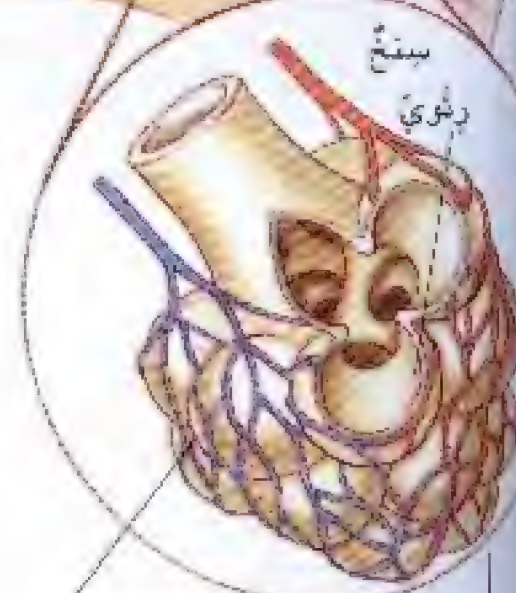


الرئتان قريبتان جداً من بعضهما - هنا تبتدان شباعتان إبتدائيتان مجاري الهواء بوضوح.

يحدث الفواق (الحارقة) عندما ينقلص الحجاب الحاجز فجأة.

## باطن الرئتين

نُشِبَةُ الرئتان قطعتين كبيرتين من الإسفنج. وهما مُجهَّزتان بغض من الأوعية الدموية الشعرية. وتملأ الرئة شبكة من القصبات الهوائية المتفرعة تنتهي فروعها الأدق بخويصلات هوائية غير نافذة، تدعى الأسناخ الرئوية، يتقارب الهواء فيها جداً مع الدم في الأوعية الشعرية. وتزيد المساحة الإجمالية لهذه الأسناخ ٤٠ مرة على مساحة جلد الجسم كله - مما يسر تعابر كميات كبيرة من الأكسجين إليها، وثاني أكسيد الكربون منها، إلى الأوعية الشعرية.



الدم والهواء في السنج الرئوي متقاربان جداً، مما يُيسر انتقال الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بينهما.

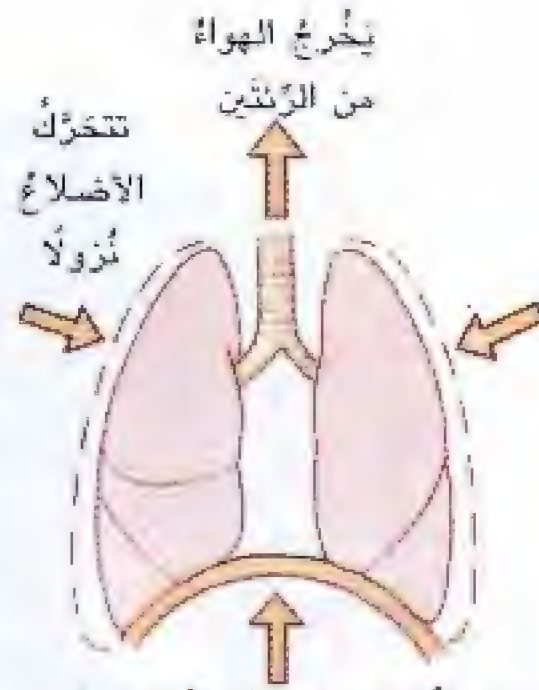


توجد خياشيم السمكة خلف الرأس مباشرة.

تتألف الخياشيم من أقواس مُخَنِّجة ذات شوّات ريشية هي الخيوط الخيشومية.

## التنفس

الرئتان مُحاطتان بأضلاع الففص الصدري الذي يفصله عن التجويف البطني حاجز عضلي صفيحي هو الحجاب الحاجز. فعندما تنفس، تُعَيَّر أضلاعك والحجاب الحاجز حجم التجويف الصدري، فيُسْفَطُ الهواء إلى الرئتين في الشهيق، ويُسْعَطُ خارجاً في الزفير. ويعتمد مقدار الهواء المتحرك على مجهودك العملي؛ فإذا كنت جالساً بهدوء، يتحرك القليل من الهواء مع كل نفس؛ أما خلال العمل المُجهد فالتنفس أسرع وأعمق. فأنت في التنفس العميق تُحرك من الهواء ستة أضعاف ما تُحركه منه وأنت جالس بهدوء.



يتحرك الحجاب الحاجز صعوداً عند الزفير، تتحرك الأضلاع تزدولاً ويندفع الحجاب الحاجز صعوداً، فيقل حجم الحيز حول الرئتين ويُزْفَرُ الهواء خارجاً، بالضغط الحاصل، عبر الرغامى.

تنفس أنابيب التنفس من البطن إلى الصدر والرأس.



جُدُجُ الادغال (نوع إفيجيير)

## شبكة الأنابيب القصبية

تنفس الحشرات عبر شبكة من الأنابيب المملأ بالهواء، تدعى الأنابيب القصبية، تمتد إلى أعماق جسم الحشرة؛ وتفرع بدقة ووفرة إلى العضلات ومختلف الأنسجة الأخرى. وتتصل هذه الأنابيب أحياناً بأكياس هوائية تُعَيَّر أشكالها كالرئات. ولكل من الأنابيب القصبية مُنْفَسٌ فوهي عبر غلاف جسم الحشرة يدعى الفوهة التنفسية.



تتفرع أنابيب التنفس الأكسجين إلى خلايا الحشرة مباشرة.



## التنفس الخيشومي

يحوي الماء قدراً من الأكسجين مُدَاً فيه، تستطيع الأسماك تلقّيه بواسطة خياشيمها. يتألف الخيشوم من سلسلة سدادات دقيقة رقيقة الجدران غنية بالأوعية الدموية لتعزيز تبادل الغازات. تُعَبِّ السّمكة الماء عبر قوسها ليُخْرَجَ عبر فتحات خياشيمها حيث يجري امتصاص الأكسجين المُذاب ولُفْظُ ثاني أكسيد الكربون.



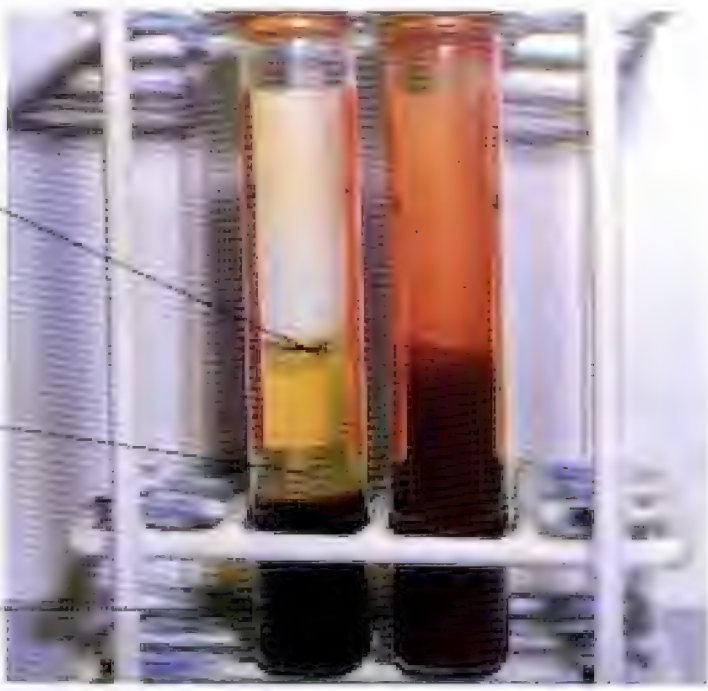
لمزيد من المعلومات انظر
إحداث الصوت وسماعه ص ٧٢
التنفس الخلوي ص ٣٤٦
الدم ص ٣٤٨
الدورة الدموية ص ٣٤٩
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠



# الدم

الدم مادة مذهشة حقًا، فهو يعمل كسير ناقلٍ سائلٍ ينقل الأكسجين إلى كل خلية حية في الجسم؛ كما ينقل أيضًا المواد الغذائية والهرمونات والفضلات والدفع، وهو دفاع الجسم الرئيسي ضد الأمراض. قطرة الدم تبدو للناظر مجرد سائل أحمر، لكنها تظهر تحت المجهر مُحشَّدة بملايين الكريات طافية في مائع مائي. كريات الدم الحمراء تنقل الأكسجين، والكريات البيض تُهاجم أي شيء يغزو الجسم من الخارج؛ وتنقل المصورة أو البلازما (القسم السائل) معظم ثاني أكسيد الكربون. يحوي جسم الإنسان البالغ من ٥ إلى ٨ لترات من الدم - خلاياه قرصية أو مُنضغطة أو صفيحية تُستبدل بالملايين منها آخرُ جديدة كل يوم.

في معظم الناس  
تؤلف البلازما  
أكثر من نصف  
حجم الدم.  
طبقة رقيقة من  
كريات الدم البيض  
والصفائح  
كريات الدم الحمراء  
مُكدسة مُتراصة



## تركيب الدم

إذا دُمِست عينة من الدم في أنبوب اختبار بسرعة كبيرة، تستقر الكريات في قاع الأنبوب، ويعلوها سائل صفراوي يُدعى المصورة أو البلازما. تتألف البلازما من ٩٠ بالمئة ماء، والباقي أملاح ومواد غذائية - إضافة إلى بروتينات كالفيرينوجين (مُولد الليقين) الذي يُخثر الدم. وتؤلف الكريات أقل من نصف حجم الدم بقليل، ويقوم عدد كريات الدم الحمراء عدده البيض بنسبة ٥٠٠ إلى ١.

يمكن لكريات الدم البيض تغيير شكلها بحيث تنضغط غير جذران أصغر الأوعية الدموية لتكافح الخلايا الممرضة.

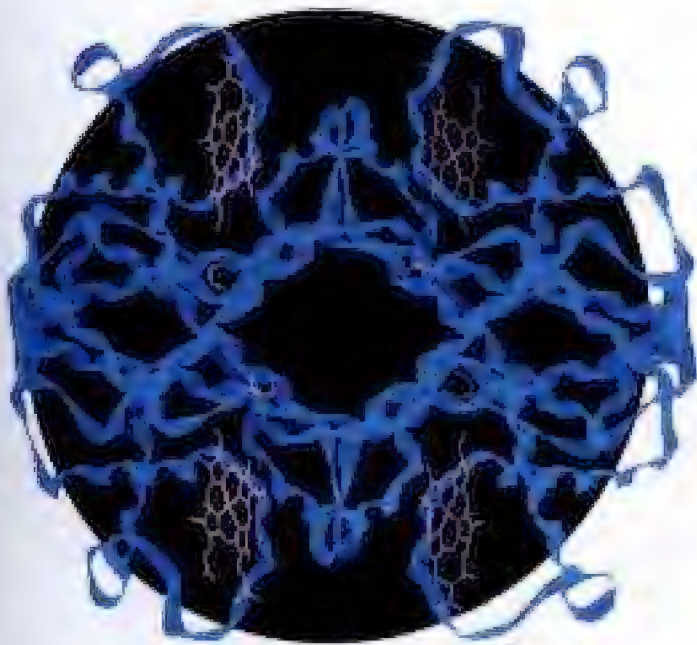
البلازما (المصورة)  
صفائح



كريات دم حمراء

## اليحمور (الهيموغلوبين)

اليحمور خضب يُكسب كريات الدم الحمراء حمرة. وهو يحوي الحديد، ويتميز بقدرته على تشكيل روابط مؤقتة مع جزيئات الغازات، فاليحمور يتحد بالأكسجين عندما تمر كريات الدم الحمراء بالرئتين؛ ويتخلّى عنه في أقسام الجسم الأخرى، ليحول بعض ثاني أكسيد الكربون فيطلقه عندما يعود إلى الرئتين، وهكذا ذوالبلك.

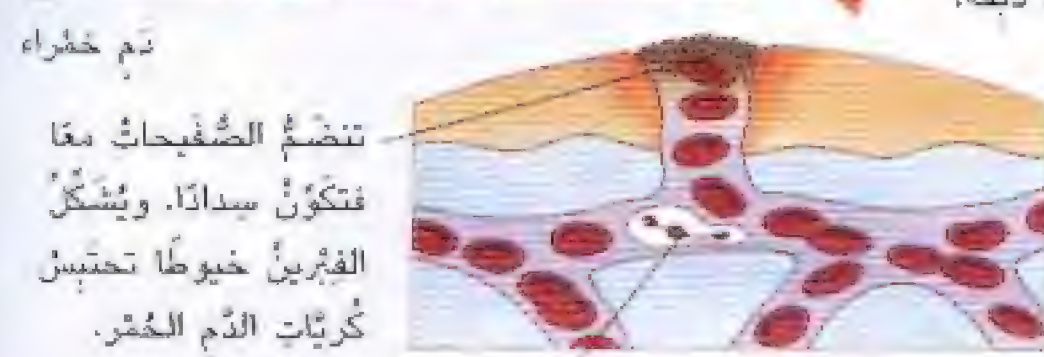
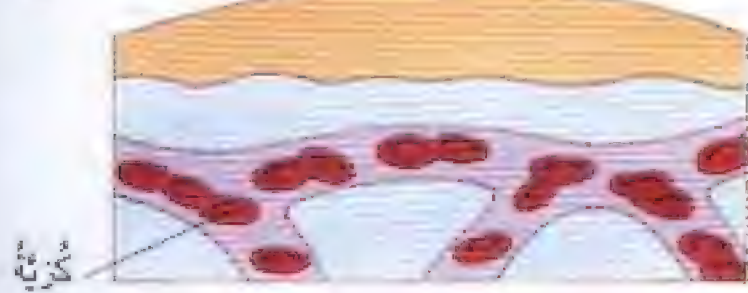


صورة مُولدة حاسوبياً تُبين جزيئات من اليحمور. الأجزاء القُرنفلية هي المجموعات حاوية الحديد التي ترتبط مع الأكسجين.

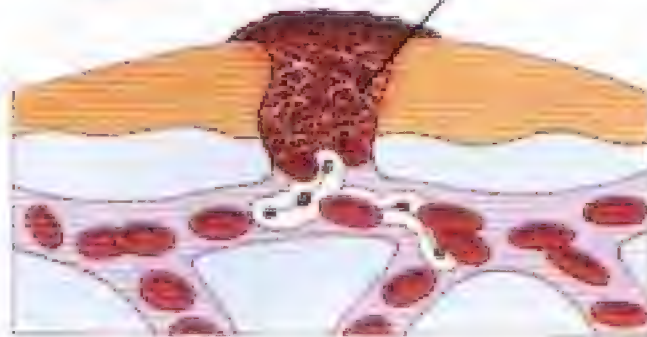
## تخثر (أو تجلط) الدم

إذا جرحت، فإن دمك يتخثر في مكان الجرح ويوقف النزف. فصفائح الدم القريبة من الجرح تُصبح دبقة وتلتصق معاً مُكوّنة سدادة. وخلال ذلك يتحول بروتين الفيرينوجين (مُولد الليقين) إلى فيرين (ليقين) مُشكلاً شبكة خيطية كثيفة تنقلص فتضم كريات الدم الحمراء في خُلق (خثرة).

الجلد المجرّح يُطلق مواد في الدم تجعل الصفائح دبقة.



كريات دم بيضاء



الفبرين وكريات الدم الحمراء تُكوّن خثرة تنصلد إلى قشرة. وتُسقط القشرة عندما يتبدّل الجلد.

## الكرنكند الأزرق الدم

القشريات، كالسرطانات والكرنكندات، وبعض الرخويات، مُزوّدة، بذل الهيموغلوبين، بخضب أزرق يُدعى الهيموسيانين، يَكسب الدم زرقته. في القشريات، يكون الهيموسيانين مُذاباً في بلازما الدم بذل أن يكون في كرياتيه.

## الدم تحت المجهر

الثقطة الواحدة من الدم تحوي ملايين الكريات، مُعظمها كريات حمراء تحوي بروتينا يُدعى اليحمور (أو الهيموغلوبين). وهو بتأكسجه يزيد كمية الأكسجين المنقولة بواسطة الدم حوالي ١٠٠ مرة. أمّا كريات الدم البيض فأكبر حجماً وأقل عدداً من الحمراء، وهي تتبلغ الخلايا الغريبة (كالبكتيريا) وتهاجم المُتطفلات الغازية (كالحمات) بإطلاق أجسام مُضادة. ويحوي الدم أيضاً سُدفًا خلوية، تُدعى الصفائح، تُساعد على التجلط (التخثر).



الهيموسيانين يحوي نحاساً بذل الحديد. فيجعل الدم أزرق لا أحمر كما هو مُعتاد في هذا الكرنكند الشائع (هوماروس قلجارس).

## فتات (أو زمر) الدم

يختلف الدم قليلاً من شخص إلى آخر، بسبب بروتينات خاصة تتواجد على سطوح الكريات الحمراء وفي المصورة (البلازما). والناس ذوو البروتينات نفسها ينتمون إلى فئة الدم نفسها. وإذا مُرّج دم من فئة مُعينة بدم من فئة أخرى تلتازن كريات الدم الحمراء وترسب بفعل البروتينات المختلفة، وهو خطير جداً. لذا عند نقل الدم من شخص إلى آخر ينبغي التأكد أنه من فئة الدم الصحيحة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- فضل المزيجات ص ٦١
- المُفصّلات ص ٣٢٢
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠

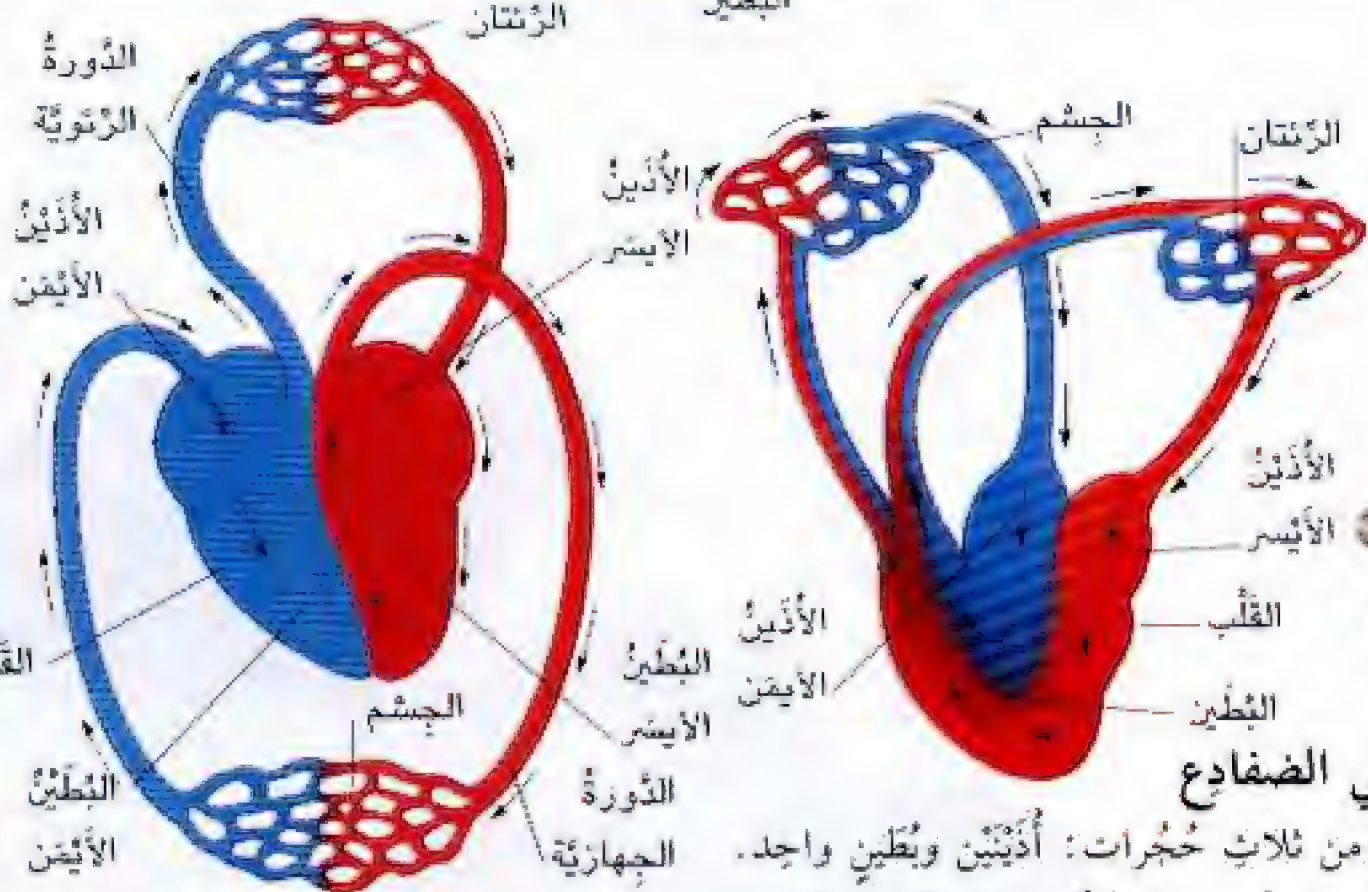
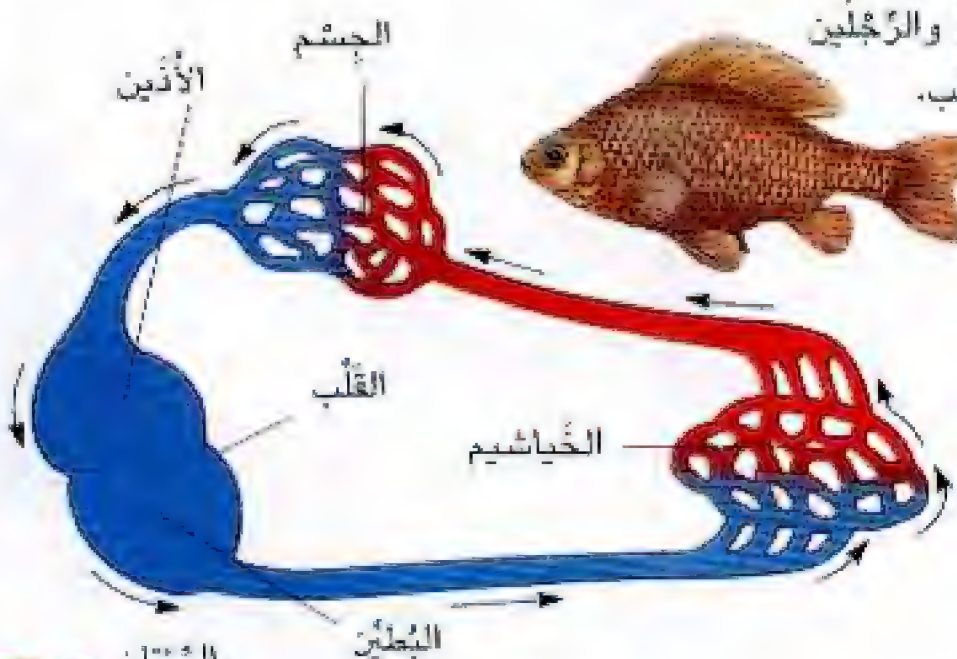


# الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ

يَخْفَقُ قَلْبُكَ ١٠٠,٠٠٠ مَرَّةً فِي الْيَوْمِ ضَاعِظًا الدَّمَ عَبْرَ  
شَبَكَةٍ مِنَ الْأَنْبِيَبِ تَنْقُلُهُ فِي جَوْلَةٍ حَوْلَ الْجِسْمِ. الدَّوْرَةُ  
الدَّمَوِيَّةُ فِي الْإِنْسَانِ مُقَفَّلَةٌ - أَيَّ إِنَّ الدَّمَ يَدُورُ فِي أَوْعِيَةٍ  
خَاصَّةٍ مُتَّصِلَةٍ. فَعِنْدَمَا يُضَخُّ الدَّمُ مِنَ الْقَلْبِ، يَنْدَفِعُ قُدَمًا  
بِضَغْطٍ عَالٍ يُمَكِّنُكَ تَحَسُّسُهُ نَبْضًا. وَيَدُورُ الدَّمُ بِسُرْعَةٍ  
مُذْهِشَةٍ، إِذْ تُكْمِلُ كُرِّيَّةُ الدَّمَ دَوْرَتَهَا مِنَ الْقَلْبِ إِلَى الرُّكْبَةِ،  
ذَهَابًا وَإِيَابًا فِي دَقِيقَةٍ وَاحِدَةٍ فَقَطْ. أَمَّا الْحَيَوَانَاتُ  
الْأَبْسَطُ، كَالْقَوَاقِعِ مَثَلًا، فَالْجُمْلَةُ الدَّوْرَانِيَّةُ لَدَيْهَا مَفْتُوحَةٌ  
يَسْرِي فِيهَا الدَّمُ غَالِبًا عَبْرَ فَجَوَاتٍ جَسَدِيَّةٍ فَسِيحَةٍ، لَا  
خِلَالَ أَوْعِيَةٍ ضَيِّقَةٍ. وَالدَّمُ فِيهَا لَا يُضَخُّ بِضَغْطٍ مُرْتَفِعٍ،  
فَيَتَحَرَّكُ بِطُءٍ وَرُكُودٍ.

## الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْأَسْمَاكِ

يَتَأَلَّفُ قَلْبُ السَّمَكَةِ مِنْ حُجْرَتَيْنِ  
فَقَطْ، وَيَسْرِي الدَّمُ فِي حَلَقَةٍ أَشْوَطِيَّةٍ  
وَاحِدَةٍ. يَسْرِي الدَّمُ عَبْرَ الْخَيَاشِيمِ  
حَيْثُ يَجْمَعُ الْأَكْسِجِينُ، ثُمَّ يَدْوُرُ  
خَوْلَ الْجِسْمِ يُزَوِّدُهُ بِالْأَكْسِجِينِ،  
وَيَأْخُذُ مِنْهُ ثَانِي أَكْسِيدَ الْكَرْبُونِ،  
فِيَحْمِلُهُ عَوْدًا إِلَى الْخَيَاشِيمِ.



## الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ الْبَشَرِيَّةُ

تَنْقَسِمُ الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْإِنْسَانِ، كَمَا فِي سَائِرِ الْحَيَوَانَاتِ وَالطَّيُورِ، إِلَى دَوْرَتَيْنِ رِنَوِيَّةٍ وَجِهَارِيَّةٍ. فِي الْأَوَّلَى يَنْتَقِلُ الدَّمُ مِنْ يَضْفِ الْقَلْبِ الْأَيْمَنِ إِلَى الرِّئَتَيْنِ حَيْثُ يَكْتَسِبُ الْأَكْسِجِينَ وَيُصْبِحُ أَحْمَرَ قَائِمًا. وَفِي الثَّانِيَةِ يَنْتَقِلُ الدَّمُ مِنْ يَضْفِ الْقَلْبِ الْأَيْسَرِ إِلَى سَائِرِ أَجْزَاءِ الْجِسْمِ يُزَوِّدُهَا بِالْأَكْسِجِينِ، وَيَأْخُذُ مِنْهَا ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ - فَيَعْدُو مَقْضُوضَ الْأَكْسِجِينِ أَحْمَرَ قَائِمًا.

لمزيد من المعلومات انظر

الْبَيْتُ الْبَاطِنِيَّةُ (فِي الْأَحْيَاءِ)  
الذَّمُّ ص ٣٤٨  
الْتَفُّسُ ص ٣٤٧

هذا الشريان يُعَدُّ الجانب الأيسر  
من الرأس بذي مَقَوَّر الأكسجين.

هذا الشريان يحمل الدم المَقَوَّر  
الأكسجين إلى الجانب الأيمن  
من الرأس وإلى الذراع اليمنى.

هذا الشريان يحمل الدم  
المؤفوق الأكسجين إلى  
الذراع اليسرى.

هذا الثريان يحمل  
الدم المنقوص  
الأكسجين إلى الرئة  
السري.

هذا الوريد ينقل الدم  
المنقوص الأكسجين من  
الرأس والعنق والذراعين  
إلى القلب.

هذا الشريان يحمل الدم  
المنقوص الأكسجين إلى  
الرئة اليمنى.

الأُذُنِ الْاَيْمَنِ

هذا الوريد يجلب  
الدّم المنقوص  
الأكسجين من

إِصْلَافِ الْجِسْمِ  
السُّفْلِيِّ وَالرَّجْلَيْنِ  
إِلَى الْقَلْبِ.

البَطَيْنُ الْأَيْمَنُ

الْقَلْبُ الْبَشَرِيُّ

الْقَلْبُ يُشْبِهُ مِصْخَرَتَيْنِ تَعْمَلَانِ جَنَابًا إِلَى جَنْبٍ، تَتَأَلَّفُ وَاحِدَتُهُمَا مِنْ قِسْمَيْنِ عَظْمَيْنِ هُمَا أُذُنٌ عُلوِيٌّ وَبُطْنٌ سُفْلِيٌّ. فَخِلَالِ نَبْضِ الْقَلْبِ يَنْفُضُ الْأَذُنُ دَافِعًا الدَّمَ إِلَى الْبُطْنِ؛ ثُمَّ فِي لَحْظَةٍ، يَنْفُضُ الْبُطْنُ بِدَوْرِهِ دَافِعًا الدَّمَ خَارِجَ الْقَلْبِ إِلَى الشَّرَائِينِ. الْجَانِبُ الْأَيْمَنُ مِنَ الْقَلْبِ يَضُخُّ الدَّمَ الْوَارِدَ مِنَ الْجِسْمِ إِلَى الرَّئِثَيْنِ، فِي حِينٍ يَتَلَقَّى الْجَانِبُ الْأَيْسَرُ الدَّمَ الْمَوْفُورَ الْأَكْسِيجِينَ مِنَ الرَّئِثَيْنِ وَيَضُخُّهُ إِلَى بَقِيَّةِ الْجِسْمِ.



وَلِيْم هَارَقِي

الطبيب العربي، ابن التِّفِّيس  
(ح. ١٢٠٥-١٢٨٨) كان

أَوَّلُ مَنْ وَصَفَ دَوْرَانِ

الدم بين القلب والرئتين؛

لَكِنْ عَمَلَهُ لَمْ يَعْرِفْ فِي

اورویا۔ تم بعد فرایہ اربعہ

فروغ (عام ۱۱۱۸) بسر الطیب  
الانکار: ۱۰۰ و ۱۰۱

١٥٧٨-١٦٥٧) ووصفاً

لِدَوْرَانِ الدَّمِ حَوْلَ الْجِسْمِ. وَهُوَ لَمْ يَسْتَطِعْ رُؤْيَا  
الْأَوْعَةَ الشَّعْبَةَ، لَكِنَّهُ اسْتَشْفَى وَجُودَهُ وَخُودَهَا.

## الأوعية الدموية

يحتوي جِسمُ الإنسانِ حوالي ١٠٠,٠٠٠ كم من الأوعية الدموية. تحملُ الشرايينُ الدَّم من القلب إلى أجزاء الجسم، بينما الأوردةُ تُعيدُه إلى القلب. وتتصلُّ الشرايينُ بالأوردةِ بواسطةِ شبكةٍ كثيفةٍ من الأوعية الشعرية (الشُعيرات) المجهرية.

الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الضَّفَادِعِ

يَتَأَلَّفُ قَلْبُ الضَّفْدَعِ مِنْ ثَلَاثِ حُجَرَاتٍ: أُذُنَيْنِ وَبُطْنَيْنِ وَاحِدٍ.  
يَسْرِي دَمُ الضَّفْدَعِ فِي دَوْرَتَيْنِ - إِحْدَاهُمَا عَبْرَ الرَّتَيْنِ لِاِكْتِسَابِ  
الْأَكْسِجِينِ، وَالْأُخْرَى حَوْلَ الْجِسْمِ لِيَنْذِلَهُ. وَعِنْدَ عَوْدَةِ الدَّمِ مِنْ  
كِلَا الدَّوْرَتَيْنِ يَخْتَلِطُ جُزْئًا قَبْلَ إِعَادَةِ ضَخِّهِ.

السُّعَيْرَاتُ فِي الْأَوْعِيَةِ الْوَحِيدَةِ  
الَّتِي، بِرِقَّةِ جُذْرَانِهَا، تَنْتَعِشُ  
لِلْمَوَادِّ، كَالْأَكْسِجِينِ وَالْهَيْمُونَاتِ  
مُغَادِرَةَ الدَّمِّ إِلَى الْخَلَايَا.

نُ الشرايين عَضَلِيَّة يَلْفُهَا غِلَافٌ  
خارجيٌّ مَتينٌ - وهذا يُمَكِّنُها  
مِنَ أَحْتِمَالِ الضَّغُوطِ العَالِيَةِ.

الأوردة أرق جدراناً من الشرايين، وهي مجهزة بصمامات تمنع سريان الدم أحادي الاتجاه.



# البيئة الباطنية (في الأحياء)

العالم من حولنا دائم التغير؛ فالهواء قد يبرد أو يسخن. وقد يهطل المطر أو يكون الطقس مشمسًا وجافًا. أما في باطن الجسم، فالظروف البيئية تظل في الغالب هي نفسها من يوم لآخر؛ فدرجة الحرارة هي نفسها على الدوام تقريبًا، والمزيج الكيماوي الذي تحيا به خلايا الجسم يبقى ثابت التركيب. وهذا لا يعني أن الجسم لا يتغير أبدًا؛ فهو يجري، طوال الوقت، تعديلات بسيطة في بيئته الباطنية. فالأعصاب والهرمونات (المراسيل الكيماوية) تعمل معًا لإبقاء ظروف الجسم الداخلية في وضع الاستقرار. وهذا الاستقرار الداخلي (أو الاستتباب) هو من خصائص الكائنات الحية العليا.

## الإفراغ

الكائنات الحية كلها بحاجة إلى التخلص من الفضلات؛ ويُعرف هذا بالإفراغ. فنحن نفرغ ثاني أكسيد الكربون والماء عبر الرئتين، ونفرغ المُرَكَّبَات الشَّروِجِيَّة والأَمْلَاح والماء في التَّبوُّل، وبعض الأملاح والماء في التَّعَرُّق. ونتخلص أيضًا من مُخَلَّفَات الطعام غير القابلة للهضم بالتَّبَرُّز - لكن ذلك ليس إفراغًا أيضًا؛ فإفراغًا حقيقيًا، لأن هذه الأجزاء لا تُعبرُ خلايانا مطلقًا. والإفراغ عملية مهمة جدًا لأن الفضلات قد تُسمِّم الجسم. في الجسم السليم تعمل الجُمْلَةُ العصبية والهرمونات على عدم تراكم الفضلات مطلقًا.

## الإفراغ في النبات

النباتات أيضًا تحتاج إلى التخلص من الفضلات كما الحيوانات. فأنثناء التخليقي الضوئي، تألفُ النباتات فضلة الأكسجين من أوراقها، كما تخرن بعض النباتات الفضلات الجامدة في خلاياها. فبالخلايا الميتة أعلاه من فص ثوم قد اخترنت بلورات أكسالات الكالسيوم كناتج فضلة.

## ذوات الدم البارد

الأسماك والبرمائيات والزواحف حيوانات خارجية الإحار (باردة الدم) تعتمد على مضاير خارجية لتسخين أجسامها. وهكذا فإن درجة حرارتها ترتفع وتهدأ تبعًا لدرجة حرارة مكان تواجدها. والكثير من هذه الحيوانات يُغيِّر درجة حرارتها بنمط سلوكه. فتتعرض العظاية مثلًا للشمس في الطقس البارد، وتختبئ في الظل في الطقس الحار.

## ذوات الدم الحار

الطيور والفقاريات والبرمائيات واللافقاريات الداخلية الإحار (حارة الدم) تولد الحرارة داخليًا من خلال الأيض، فتحتفظ درجة حرارتها ثابتة - وهي عادة أسخن من بيئتها. والحيوانات الداخلية الإحار تظل نشطة حتى في الطقس البارد؛ لكن أجسامها تتطلب مقادير كبيرة من الغذاء (الوقود) لتحقيق ذلك.

## تنظيم درجة الحرارة

ما لم تكن مريضًا، فإن درجة حرارة جسمك ثابتة على 37°س. وتتولد الحرارة من انحلال الغذاء خلال التنفس الخلوي، وهي تُفقَد باستمرار في الوقت نفسه. فإذا فقد الجسم حرارة أكثر مما يُنتج، يُرسل الدماغ نوا إشارات إلى الجسم لزيادة إنتاج الحرارة كما يمنع سُروب بعضها بتضييق الأوعية الدموية القريبة من سطح الجلد - مما يجعل شعر البدن يُقف قشعريرة. أما إذا ولد الجسم حرارة أكثر مما ينبغي، فعندئذ يبدأ التعرق.

النخاعي غدة صماء صغيرة عظمى الأهمية، تتصل بقاعدة الدماغ؛

وتنتج عددًا من الهرمونات وتنبه عددًا آخرى لتفرد هرموناتها الخاصة. ويربط الوطاء، الجاور للنخاعي، جُمْلَةُ الغُدِّ الصَّمِّ بالجُمْلَةِ العصبية في الجسم.

الغدة الدرقية تُفرِّد الثَّيْرَيْن، وهو هرمون يُنظِّم النَّفْثَ، وسرعة أنحلال الغذاء لابتعاث الطاقة.

يُنتج البنكرياس هرمونين يحكمان مستويات السكر في

الدم. فالإنسولين يجعل الخلايا تستهلك مزيدًا من الجلوكوز، كما يحفز الكبد على سحب الجلوكوز من الدم. فيما يعمل هرمون الجلوكاجون على جعل الكبد يُمدِّد الدم بمزيد من الجلوكوز.

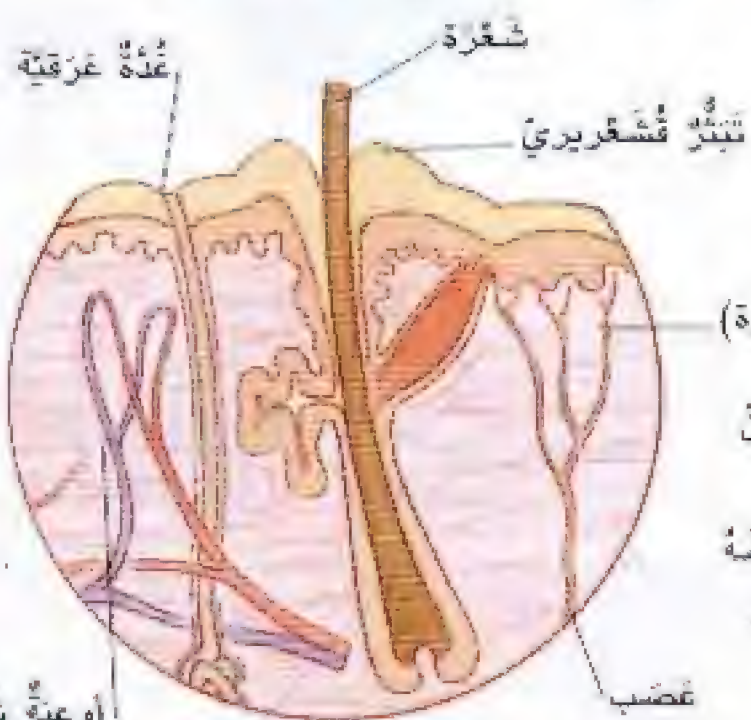
في شتى أنحاء الجسم تنتشر شبكة من الأنابيب تدعى الجُمْلَةُ اللمفية تتلقى المائع اللمفي المُتسَرَّب من الأوعية الشعرية، فترشحه لإزالة الخلايا والجسيمات الغريبة. ويُعاد اللَّفْثُ المرشَّح إلى الدم عبر قناة قرب القلب.

الغدة اللمفية هي انتفاخات مسامية في الجُمْلَةُ اللمفية حيث تُهاجم كُرَيَّاتُ الدم البيض الجراثيم. وإذا انضج الجسم بالبكتيريا أو تعرض للشم، من لدغة أفعى مثلاً، فإن الغدة اللمفية تنتضج عادة.

الدم أخذ أكثر المواد أهمية في المحافظة على استقرار البيئة الباطنية. فهو يحمل الأكسجين إلى الخلايا، ويأخذ منها الفضلات، ويُقلِّل البكتيريا المؤذية، كما يحمل جميع المراسيل الهرمونية من الخلايا إليها.

## القشعريرة (الارتعاش)

إذا برّد جسمك كثيرًا، يُرسل دماغك إشارات إلى بعض عضلاتك لتتقبض أو ترتعش. وهذا الارتعاش يُولّد حرارة تدفئ الجسم. وفي الوقت نفسه، تضيق الأوعية الدموية القريبة من الجلد، فتُمنع سُروب الكثير من حرارة الجسم عبره.



## قفوف الجلد (قشعريرة)

إحدى العلامات الأولى للإحساس بالبرد هي قفوف الجلد بسوءات تثيرية على سطحه. وتظهر هذه التواءات لأن عضلات دقيقة تُفك شعرة البدن قشعريرة.



بلورات أكسالات الكالسيوم في الثوم (اليوم سانيقوم)



عظاية تتشمس فوق صخرة



ما لم تكن مريضًا، فإن درجة حرارة جسمك ثابتة على 37°س. وتتولد الحرارة من انحلال الغذاء خلال التنفس الخلوي، وهي تُفقَد باستمرار في الوقت نفسه. فإذا فقد الجسم حرارة أكثر مما يُنتج، يُرسل الدماغ نوا إشارات إلى الجسم لزيادة إنتاج الحرارة كما يمنع سُروب بعضها بتضييق الأوعية الدموية القريبة من سطح الجلد - مما يجعل شعر البدن يُقف قشعريرة. أما إذا ولد الجسم حرارة أكثر مما ينبغي، فعندئذ يبدأ التعرق.



## مراقبة الجسم

دماغك مراقب دائم لبيئة جسمك الباطنية. فجزة منه يرقب على الدوام تركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم؛ فيزيد سرعة التنفس إذا زاد التركيز كثيراً. كما تضبط أجزاء أخرى من الدماغ نسبة الماء في الدم ودرجة حرارة الجسم، ومبواها من الظروف الحيوية.

## الهormونات

الهormونات مواد تحمل رسائل معينة. في الحيوانات تُفرز الغدد الصم هormونات تضبط مباشرة في مجرى الدم لتدور حول الجسم. وعندما يبلغ الهormون الخلايا المستهدفة يبدأ بتنفيذ رسالته. يتبع الجسم أكثر من 50 هormوناً مختلفاً، بعضها ينظم مستويات المواد المهمة في الدم، وأخرى تتحكم في طريقة نمو الجسم وتطوره. وتعمل الهormونات عادة أزواجاً - واحد ذو تأثير مضاد للآخر.



### الهormونات في النبات

إذا وضعت أصيص باذرات على أسكفة النافذة، فإن البادرات تنحني باتجاه الضوء. ويحدث ذلك لأن الهormونات المعززة للنماء تتجمع على جانب العنبر البعيد عن الضوء فينحني. الهormونات النباتية تحكم النمو والتطور غالباً. بعض الهormونات يبطئ نمو النبات؛ وهormونات أخرى تجعل الأوراق تسقط في الخريف. نخل الغسل (أبيس بليفرا)



### حلقات التقييم الراجع (التغذية المرتدة)

الأنسولين والغلوكاجون هormونات يتحكمان في مستوى الغلوكوز في الدم. فالأنسولين يخفض مستوى غلوكوز الدم، بينما الغلوكاجون يرفعه. هذان الهormونات يشكلان حلقة تقييم راجع، لأن كلا منهما يؤثر في (ويتأثر به) ما يفعله الآخر.

### الاتصالات الكيماوية

بعض الحيوانات تطلق كيماويات، تدعى فيرومونات، تواصل بها بعضها مع بعض. فالحشرات الاجتماعية، كالنحل والنمل والأرض، توصّل فيروموناتها، بعضها إلى بعض، عبر الهواء أو بالنفث. فملكة النحل مثلاً تحكم النحلة (خلية النحل) بالفيرمونات التي تطلقها.



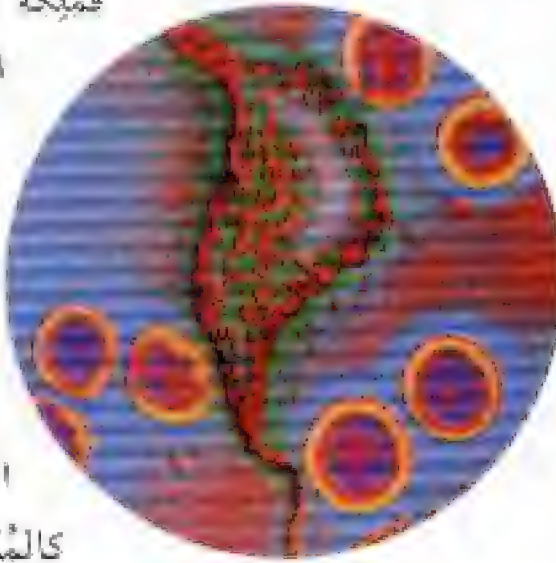
ملكة النحل

ترشح كلياتك الدم فستطويان جزءه المائع وستخلصان البول من الفضلات وفائض الماء فيه.

### الدفاعات

#### المتحركة

كريات الدم البيض هي حرس الجسم ضد الغزو. منها نوع بلعمي، كالمبيضة أعلاه تغمر وتلتهم



سرباً من البكتريا العقدية. هذه البلعميات تشغل عبر الدم والجسم وتبلغ الجراثيم. وفي اندم كريات بيض أخرى لمفاوية تصنع أجساماً مضادة، وهي كيماويات بروتينية، تلتصق بالغازيات وتقضي عليها.

### مكافحة الأمراض

جسم الإنسان موئل مثالي للمنعصيات المجهرية، كالبكتريا، لأنه يوفر لها الدفء والغذاء. وللمحافظة على استقراره الداخلي يستخدم الجسم نظاماً المناعي لمكافحة تلك الجراثيم. والجهازان الدموي واللمفي عظيم الأهمية في هذا المجال. فكثير من الجراثيم التي تدخل الجسم تغمرها كريات الدم البيض وتبتلعها؛ وكثير سيواها تهاجمها بروتينات نظام المناعة المعروفة بالأجسام المضادة وتبيدها. والنظام المناعي يسهل عليه القضاء على هذه الجراثيم فيما لو عادت لمهاجمة الجسم ثانية بفضل استجابته الذاكرة لتركيبها الكيماوي؛ ويعرف هذا بالمناعة التحصينية.



### كلود برنار

كان العالم الفرنسي، كلود برنار (١٨١٣-١٨٧٨)، من أوائل الذين درسوا الفسيولوجية (علم وظائف الأعضاء)، وتعرفوا تكامل عمل أعضاء الجسم في المحافظة على استقرار بيئته الباطنية. فقد اكتشف أن الغلوكوز، الذي هو المصدر الرئيسي للطاقة في الجسم، يُخزن في الكبد كجليكوجين، ثم يُطلق عند حاجة الجسم إليه. كما درس عملية الهضم، وتأثير العقاقير على وظائف الجسم والجملة العصبية.

#### لمزيد من المعلومات انظر

- الجراثيم (البكتريا) ص ٣١٣
- التنفس الخلوي ص ٢٤٦
- الدم ص ٣٤٨
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



# الهياكل الداعمة

الهيكَلُ يَسْنُدُ جَسَدَ الْحَيَوَانِ، وَيُوَلِّفُ إِطَارَ دَعْمٍ يَحْمِيهِ وَيُحَافِظُ عَلَى شَكْلِهِ، كَمَا يُوفِّرُ لِلْعَضَلَاتِ مُرْتَكِزًا تَسْنُدُ إِلَيْهِ. مُعْظَمُ الْحَيَوَانَاتِ الْمَأْلُوفَةِ ذَاتُ هِيََاكِلٍ دَاعِمَةٍ مِنْ مَادَّةٍ صُلْبَةٍ كَالْعَظْمِ أَوْ الْمَحَارِ، وَكُلَّمَا كَبُرَ حَجْمُ الْحَيَوَانِ وَوزنه تزداد حاجته إلى هيكَلٍ دَعْمٍ أَقْوَى وَأَمْتَن. وَالكَثِيرُ مِنَ الْحَيَوَانَاتِ الصَّغِيرَةِ لَهَا أَيْضًا هِيََاكِلٌ دَاعِمَةٌ، لَكِنَّهَا لَيْسَتْ بِالضَّرُورَةِ صُلْبَةً الْأَجْزَاءِ دَائِمًا. فَدَوْدَةُ الْأَرْضِ مِثْلًا، عَدِيمَةُ الْعَظْمِ، وَهِيَ تَدْعِمُ جِسْمَهَا بِالضَّغْطِ الْبَاطِنِيِّ؛ حَيْثُ تَضْغُطُ مَوَائِجُ الْجِسْمِ عَلَى الْجِلْدِ، كَمَا الْهَوَاءُ دَاخِلَ إِطَارٍ مَطَاطِيٍّ، كَهَيْكَلِ هَيْدُرُوسَتَاتِيٍّ يُمَكِّنُهَا مِنَ الْإِنْجِحَارِ فِي التُّرْبَةِ.

الشَّرْطَانُ النُّصُوبِيُّ ذُو دُرْعٍ مُقَبَّبٍ يُغَطِّي رَأْسَهُ - بِحَيْثُ الْعَيْنَانِ فِي أَعْلَاهُ، وَالْأَرْجُلُ بِأَسْفَلِهِ. وَيَنْسَلِخُ الشَّرْطَانُ كُلَّمَا نَمَا.

ذَيْلٌ شَوْكِي

البُصْرُ

يَتَأَلَّفُ جِسْمُ الْقُرْبَةِ الْأَرْجُلِ مِنْ شَذَفٍ كَثِيرَةٍ تَتَمَقَّصَلُ وَاجِدَتْهَا بِالْأُخْرَى فَتُشْبِعُ الْحَيَوَانِ التَّلَوِّيَّ وَالْإِلْتِفَافَ. وَلَا يُدْ لَهُذِهِ الْمَفْصِلَاتُ مِنَ الْإِنْسِلَاحِ كَمَا تَنَمُو.



## الْعَيْشُ الْمُعَلَّبُ

الْهَيْكَلُ الْخَارِجِيُّ لَهُ مِيزَاتُهُ الْإِيجَابِيَّةُ وَالسَّلْبِيَّةُ. فَمِنْ خَسَنَاتِهِ أَنَّهُ يَحْمِي صَاحِبَهُ مِنَ الْأَذَى،

وَيُجْعَلُ مِنَ الْعَسِيرِ عَلَى الْمُتَعَصِّبَاتِ الْمُرْصَةِ مُهَاجِمَةٍ. وَفِي الْحَيَوَانَاتِ الْبَرِّيَّةِ الْعَيْشُ يُسَاعِدُ الْهَيْكَلُ الْخَارِجِيُّ فِي عَدَمِ تَجَفُّافِ الْجِسْمِ. أَمَّا الْمِيزَتَانِ السَّلْبِيَّتَانِ لِلْهَيْكَلِ الْخَارِجِيِّ فَهُمَا كَوْنُهُ ثَقِيلًا أحيانًا، بِخَاصَّةٍ عَلَى الْبَرِّ؛ كَمَا أَنَّ مِنَ الضَّرُورِيِّ إِطْرَاحَهُ مَعَ نَمَاءِ صَاحِبِهِ فِي بَعْضِ الْحَيَوَانَاتِ. وَخِلَالِ عَمَلِيَّةِ الْإِنْسِلَاحِ يَتَغَيَّرُ الْهَيْكَلُ الْخَارِجِيُّ، وَيَتَغَيَّرُ الْحَيَوَانُ مَعَهُ، كَأَنَّهُ هَيْكَلُهُ الْجَدِيدُ الطَّرِيءُ تَحْتَهُ. وَعَلَى الْحَيَوَانِ حِينَئِذٍ أَنْ يَحْتَجِيَ فِي مَكَانٍ آمِنٍ تَحْتَهُ لِإِعْدَانِهِ حَتَّى يَنْمُو هَيْكَلُهُ الْعَظْمُ وَيَتَصَلَّبَ.

مَفَاصِلُ الْمَخْلَبِ

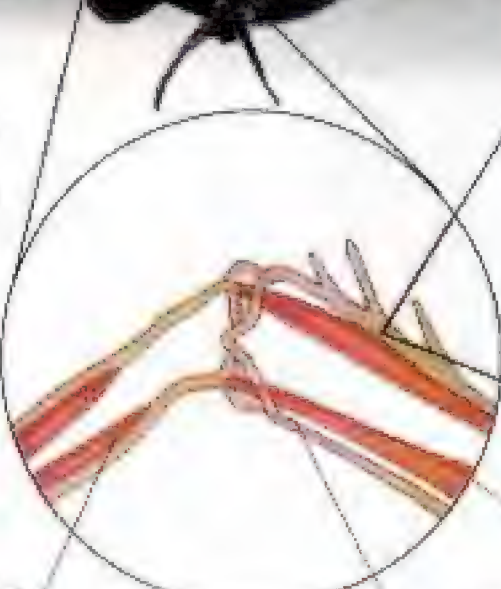
خُفَّسَاءُ كَرْكَذَبِيَّةٌ

تَتَأَلَّفُ الْمَفَاصِلُ مِنْ نَسِيجٍ مَرِنٍ يُتَبَخَّرُ لِلْحَيَوَانِ تَحْرِيكَ أَقْسَامِ جِسْمِهِ الْمُخْتَلِفَةِ بِسَهُولَةٍ.

أَرْجُلُ الْخُفَّسَاءِ مُغَطَّاةٌ بِصَفَائِحِ الْكَتَيْنِ الصُّلْبَةِ كَنَقِيَّةٍ جِسْمِيًّا. وَتُفَصِّلُ الْعَضَلَاتُ الَّتِي تُحَرِّكُ الْأَرْجُلَ بِدَاخِلِ صَفَائِحِ الشُّفَّةِ الَّتِي تَلِيهَا.

عَضَلَةٌ

مَفْصِلٌ مَرِنٌ



يَلْبِغُ الْبَحْرُ الْمَحَارِيَّةُ، بِخِلَافِ الْخَشَرَاتِ وَالْقَشَرِيَّاتِ، لَيْسَتْ بِحَاجَةٍ إِلَى الْإِنْسِلَاحِ، لِأَنَّ أَصْدَاقَهَا تَكْبُرُ مَعَ نَمَاءِ الْجِسْمِ.

## الْهِيََاكِلُ الْخَارِجِيَّةُ

الكَثِيرُ مِنَ الْأَفْقَارِيَّاتِ ذَاتُ هَيْكَلٍ سَطْحِيٍّ يَتَأَلَّفُ مِنْ قِشْرَةٍ صُلْبَةٍ تَدْعِمُ الْجِسْمَ مِنَ الْخَارِجِ. فَفِي الْخَشَرَاتِ وَالْمَفْصِلَاتِ الْأُخْرَى يَتَكَوَّنُ الْهَيْكَلُ الْخَارِجِيُّ مِنْ صَفَائِحِ جَاسِيَّةٍ مَرِنَةٍ تَتَمَقَّصَلُ فِيمَا بَيْنَهَا. وَهَذِهِ الصَّفَائِحُ لَا يَتَغَيَّرُ حَجْمُهَا بَعْدَ التَّكْوُنِ. لِذَا تَقْطَرُحُ الْخَشَرَةُ هَيْكَلَهَا الْخَارِجِيَّ كُلَّمَا نَمَتْ، وَتُخَلِّقُ هَيْكَلًا آخَرَ. وَفِي الْمَخَافِصِ يَنْطَوِي الْجَنَاحَانِ الْأَمَامِيَّانِ، كَحُجَّتِيحَاتٍ عَمْدِيَّةٍ فَوْقَ الْجَنَاحَيْنِ الْخَلْفِيِّينِ الرَّقِيقَيْنِ وَيَحْيِيَانِهِمَا.

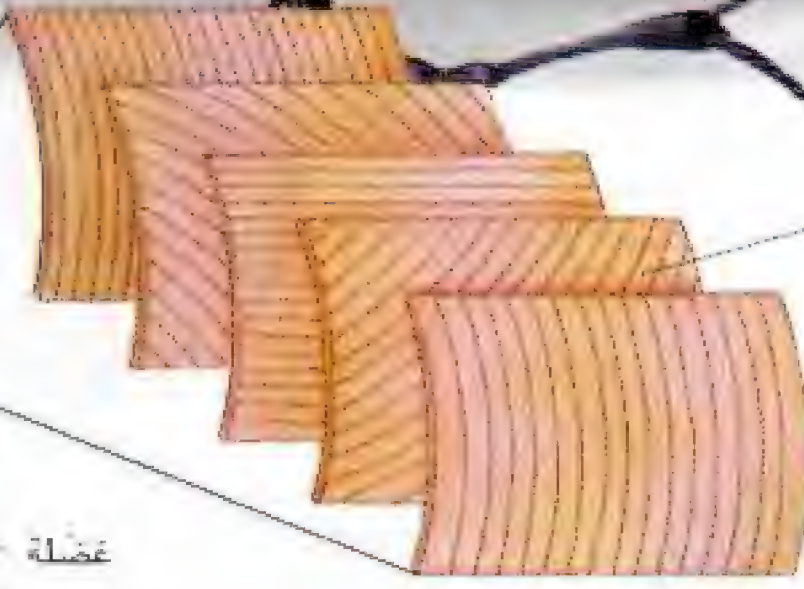
أَقْدُورٌ مِنَ الْكَتَيْنِ صُلْبَةٍ جَدًّا

مَفَاصِلُ الرُّجُلِ

طَبَقَاتُ الْكَتَيْنِ مُتْرَاضَةٌ بِعَظْمَا فَوْقَ بَعْضٍ.

## الْكَتَيْنِ

تَتَأَلَّفُ هِيََاكِلُ الْخَشَرَاتِ الْخَارِجِيَّةُ مِنْ مَادَّةٍ قُرْبِيَّةٍ تُدْعَى الْكَتَيْنِ، مُتْرَاضَةٌ فِي طَبَقَاتٍ تَتَعَارَضُ أَلْيَافُهَا الْمَتَوَازِيَّةُ فَتَجْعَلُ الْهَيْكَلُ الْخَارِجِيَّ شَدِيدَ الْمَتَانَةِ.



عَضَلَةٌ

مَفْصِلٌ مَرِنٌ

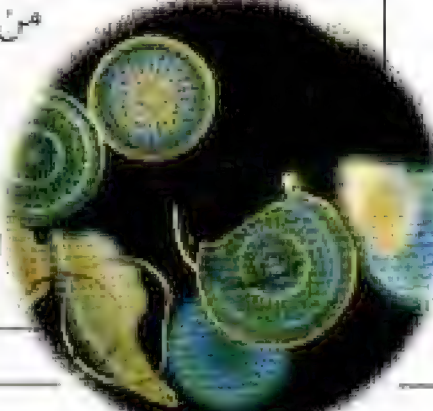
## الدَّعْمُ فِي النَّبَاتِ وَفِي الْمُتَعَصِّبَاتِ الْوَحِيدَةِ الْخَلِيَّةِ

الْخَلَايَا النَّبَاتِيَّةُ جَمِيعُهَا مُدْعَمَةٌ بِالسَّلْيُولُوزِ؛ وَيَحْوِي الْكَثِيرُ مِنَ الْخَلَايَا الْخَشَبِيَّةِ أَيْضًا مَادَّةً عَاسِيَّةً تُدْعَى الْخَشَبِينِ (الْلُجْنِينِ)؛ وَبِقَضَلِ هَذَا الدَّعْمِ الْمَكِينِ تَنْظُلُ الْأَشْجَارُ قَائِمَةً مُنْتَصِبَةً. وَتَكُونُ الطَّحْلِيَّاتُ الْبَحْرِيَّةُ الْوَحِيدَةُ الْخَلِيَّةُ، مِنَ الْمَشْطُورَاتِ (الدِّيَاتُومِيَّاتِ)، هِيََاكِلُ جَمِيلَةٌ مِنَ السَّلْيَكَا (الْمَعْدِنِ الَّذِي يَتَأَلَّفُ مِنْهُ الرُّمْلُ)؛ وَتَخْتَلِفُ أَشْكَالُ هَذِهِ الْهِيََاكِلِ مِنْ نَوْعٍ لْآخَرِ.



أَشْجَارُ النَّخِيلِ

مَشْطُورَاتُ (دِيَاتُومِيَّاتِ)



طَرَفُ الْمَحَارَةِ الْمُشْتَبِقُ

مَحَارَةٌ أَقْدَمُ ذَاتُ لَقَاطٍ أَكْثَرُ

مَحَارَةٌ نَاشِئَةٌ قَلِيلَةً مِنَ اللَّقَاطِ

## الْمَحَارُ

الرُّخُويَّاتُ إِجْمَالًا ذَاتُ هِيََاكِلٍ خَارِجِيَّةٍ صُلْبَةٍ هِيَ مَحَارَاتُهَا. وَتَتَأَلَّفُ هَذِهِ الْمَحَارَاتُ أَوْ الْأَصْدَاقُ مِنْ كَرْبُونَاتِ الْكَالْسِيُومِ الْمَعْدِنِيَّةِ. وَمَعَ نَمَاءِ الْحَيَوَانِ الرُّخُوِيِّ، يَسْتَوِيرُ فِي إِضَافَةِ الْمَعْدِنِ إِلَى شَفَّةِ مَحَارَتِهِ، فَتَكْبُرُ تَدْرِيجِيًّا وَتَزِيدُ لَقَاطُهَا وَتَشْبِعُ فَسْحَهَا الدَّاخِلِيَّةَ. وَهَكَذَا يَسْتَطِيعُ الْحَيَوَانُ الرُّخُوِيُّ الْإِحْتِفَاطَ بِهَيْكَلِهِ الْخَارِجِيِّ طَوَالَ حَيَاتِهِ، دُونَ أَنْ يَطْرَحَهُ كَمَا تَفْعَلُ الْخَشَرَاتُ وَالْقَشَرِيَّاتُ.



شَفَّةُ الْمَحَارَةِ



## الهياكل الداخلية

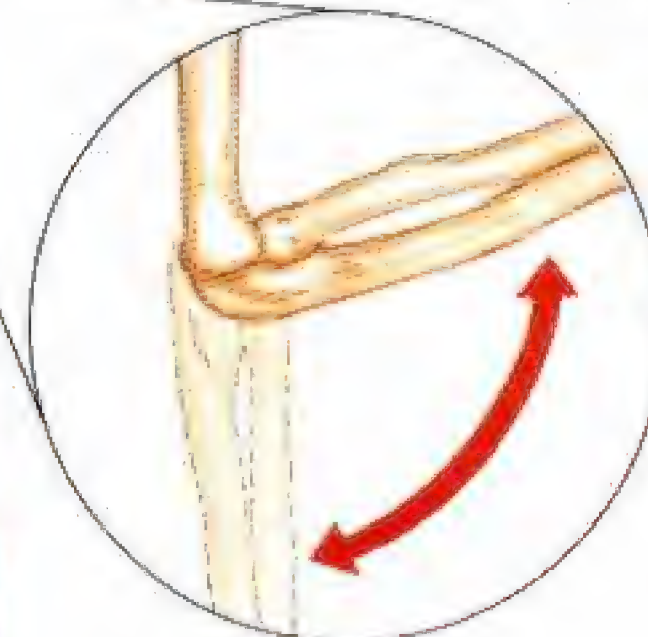
الإنسان، كسائر الفقاريات الأخرى، ذو هيكل عاير يدعم الجسم من الداخل. والهياكل الداخلية في معظمها تتألف من عظام وعضروف، فيوفر العظم المتانة والقوة، بينما يتيح غضروف المفاصل انزلاق العظام بعضها فوق بعض أثناء الحركة. يتألف هيكل الإنسان من ٢٠٦ عظام تتراوح حجمًا بين عظم الفخذ الضخم والعظيما الدقيقة في الأذن المتوسطة. وبخلاف الهياكل السطحية في الحشرات وسواها، فإن هيكل الإنسان ينمو داخليًا متساوًا مع نماء الجسم.

### المفاصل

المفاصل هي مناطق اتقاء العظام المختلفة. والمفاصل في معظمها تسمح بالحركة، بشكل أو بآخر، بفضل طبقة غضروفية ملساء تغطي رؤوس العظام، ويتركها في الحركة سائل زليلي خاص. والمفصل بكامله محاط بمحفظة غشائية ليفية متينة.

### المفاصل الززئية

المرفق (كما الركبة) مفصل ززئي أحادي الاتجاه الحركة - يترجح صعودًا وهبوطًا فقط، وليس من جانب لآخر.



الطبقة الخارجية الصلبة لعظم مدمج

الشع (مشط اليد)



طبقة داخلية من العظم الإسفنجي تحوي نقيًا أحمر النقي الأصفر يخزن الدهن

### باطن العظم

العظم نسيج حيّ يحوي عدة أنواع من الخلايا. وبعض خلاياه تحيط نفسها بملورات من الأملاح المعدنية تجعل العظم صلبًا جاسيًا. وتحوي العظام القنوات في داخلها النقي حيث تولد كريات الدم وتخزن الدهون.

أضلاع الأفعى لا تلتف الجانب السفلي من جسمها، مما يسمح لجلد البطن بالامتطاط عندما تتكلم الأفعى وجبة ضخمة.

عظام جمجمة الأفعى أكثرها رخو التماسك؛ بحيث يتغير شكل الرأس عند ابتلاع الأفعى حيوانًا أكبر من رأسها.



القف (الجمجمة)

الفك السفلي

الرقوة

لوغ الكتف

الغضد

فقرات (العمود الفقري)

العجز

المكبرة

الرئد

الرئع

السلانيات

الغضفص

عظم الغانة

عظم الفخذ

الرؤفة

الطنوب

السطية

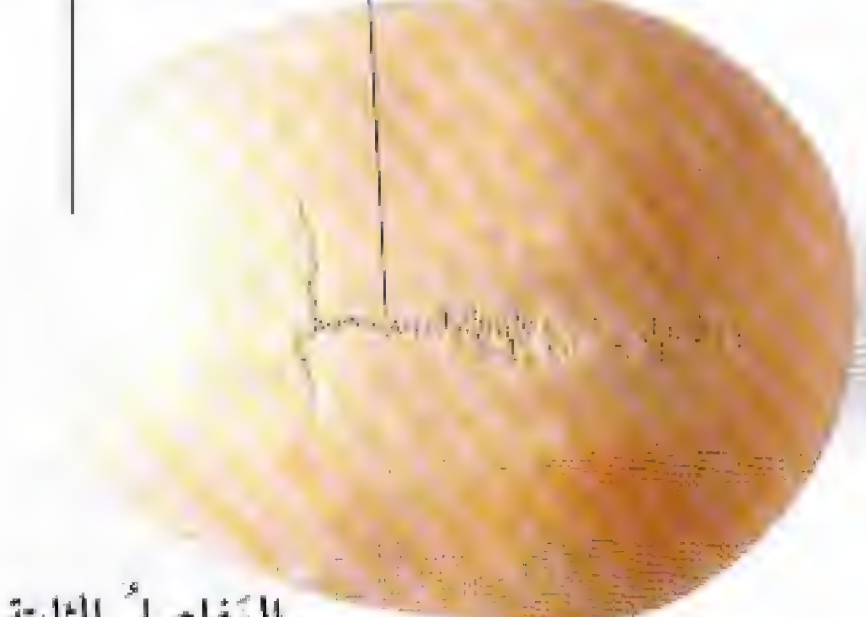
### هياكل لا عظام فيها

الهياكل البشرية في أرجلها الجنبية الأولى غضروفية بكاملها. وتعظم غضاريف الهيكل تدريجيًا حتى حوالي سن ٢٥ من العمر. أما أسماك القرش والسفنين فلا تعظم هياكلها الغضروفية مطلقًا. ولكنها مائة العيش فالغضروف وحده كاف لتدعيم أجسامها.

### هيكل عديم الأرجل

يكاد هيكل الأفعى يقتصر على جمجمة وعمود فقري وأضلاع. ويحوي عمودها الفقري نبات الفقرات، وعدداً ضخماً من المفاصل يسمح كل واحد منها ببعض الشئ مما يجعل الجسم بمجموعه قابلاً للتحوّل والتطوي. والأفاعي عديمة عظام الأطراف حتى إن معظمها فقد كل أثر لعظام الكتف والحوض.

خط الدرز حيث تلتقي العظام



### المفاصل الثابتة

بعض المفاصل مرتجة لا يمكنها الحركة؛ كما في مفاصل عظام الجمجمة التي تحمي الدماغ. في بدء نشأتها تكون عظام الجمجمة منفصلة، ثم تنامي تدريجيًا لتتصل وتتماسك معاً بخطوط متعرجة تدعى خطوط الدرز. أما عظام الجبهة فيندمجان تماماً ليمزج من القوة.

### المفاصل الحقيّة الكروية

مفصلا المورك والكتف يسمحان بالحركة في كل اتجاه تقريباً. فكل منهما يحوي عظمًا طويلًا، ينتهي بكرة، وحقا يوانم تلك الكرة. ويشد العظمين معاً أنباف غليظة متينة تدعى الأربطة.



الجمجمة

زعنفة صدرية



الجزام

الهيكل الغضروفي للسفنين

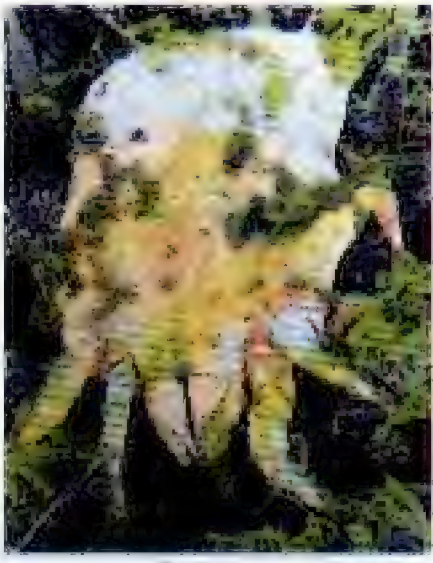
فقرات

### لزيد من المعلومات انظر

- المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- المتعضيات ص ٣٢٢
- العضلات ص ٣٥٥
- الحركة ص ٣٥٦



# الجلد



## الاغتناء بالجلد

يُطَوِّحُ النَّاسُ مِلَايِينَ الْخَلَايا الْمَيِّتَةِ مِنْ سَطْحِ جُلُودِهِمْ يَوْمًا، فَيَمْتَرِحُ مَعَ الْغُبَارِ وَتَوَفَّرَ غِذَاءٌ لِعُثِّ الْغُبَارِ الْمَنْزِلِي الدَّقِيقِ. هَذِهِ الْعُثَّى غَيْرُ مُؤَذِيَةٍ عَادَةً، لَكِنَّ بَعْضَ النَّاسِ يَارْجُونَ بِذَرْقِهَا.

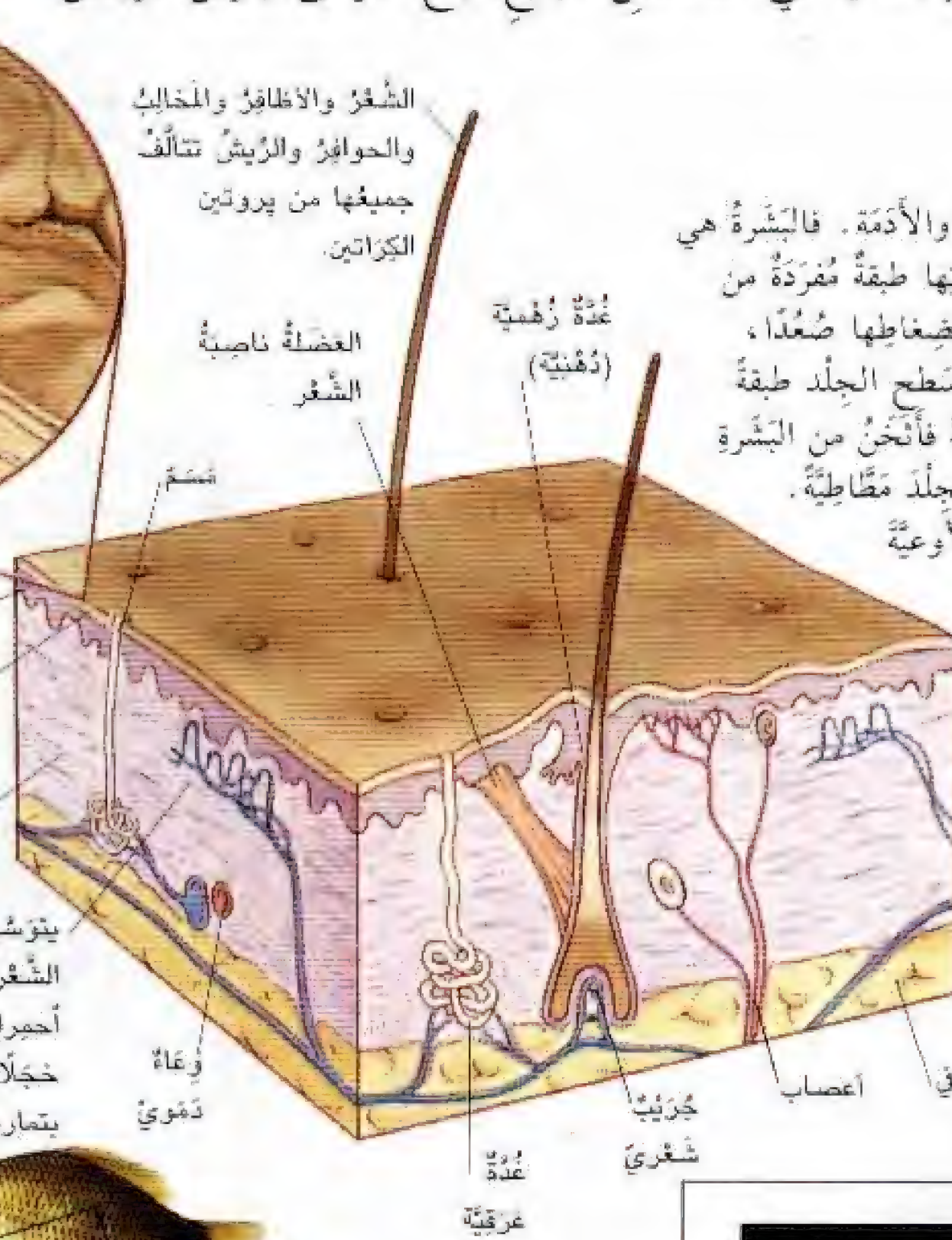
الجلد غطاء مرن متين يحمي الجسم ويساعد في المحافظة على درجة حرارته ثابتة. ورغم إحساسنا بحيويته، فإن سطح الجلد الخارجي موات لا حياة فيه. لكن، بدون هذه الطبقة الميتة كان الجسم، سريعًا، يجف ويتعرض لغزو البكتيريا. يُجَدِّدُ الجلدُ سطحه الخارجي باستمرار، ويرمم نفسه بسرعة إذا جرح أو خدش. وتترايد ثخانة الجلد في مواقع الحت الزائد كما في أخمصي القدمين وراحتي اليدين أحيانًا. جلد الإنسان في معظمه مُعْطَى بالشعر، لكن الشعر في معظم اللبونات أغزر وأكثف. والجلد عامل مهم في تبريد الجسم - ففي الطقس الحار يتمدد الجلد وتمتلئ أوعيته الدموية الشعرية بالدم فيزداد فقد الحرارة إلى الهواء المحيط. كما إن زيادة التعرق وتبخره تبرد الجسم بفعالية ملموسة. والجلد أكبر أعضاء الجسم، فمساحته الإجمالية في الشخص البالغ تبلغ حوالي مئتين مربعين.

## باطن الجلد

يتألف الجلد من طبقتين هما البشرة والأدمة. فالبشرة هي الطبقة الخارجية، وتتواجد في قاعدتها طبقة مفردة من الخلايا الدائمة الانقسام. وخلال انضغاطها ضغداً، تموت الخلايا الجديدة مكونةً على سطح الجلد طبقةً متينة. أما الأدمة وهي الطبقة السفلية فأتخن من البشرة بكثير، وتحتوي أليافاً مرنة تكسب الجلد مطاطية. كما تحوي أيضاً جريبات الشعر والأوعية الدموية ونهايات الأعصاب الحساسة والدهن، إضافة إلى الغدد العرقية. وهذه الغدد تبعث إفرازها الزيتي إلى سطح الجلد عبر مسامه، فتبقى طرية.

مقطع عبر الجلد البشري

طبقة الخلايا الدهنية تُشبه في الحفاظ على دفء الجسم.



## التجاعيد (الغضون)

إذا قرصت جلدك ثم حللته، فسرعان ما يرتد مُستعيداً شكله. وهذا عائد إلى أن أدمة الجلد تحوي بروتينات تمتص كالمنقاط. لكن مع تقدم السن يفقد الجلد مرونته، وتأخذ التجاعيد بالظهور.

## الحراشف

الحراشف المتراكبة تغطي الجلد في معظم الأسماك لحمايته. هذه الحراشف تنمو من الأدمة وتتألف من عظم وأنسجة أخرى. معظم الأسماك العظمية ذات حراشف مستديرة تجعلها ضيقة ملساء، بينما حراشف سمك القرش صغيرة مدببة تكسب جلودها نسجاً مرنة كورق الشفرة.



تنزلق الحراشف المتراكبة بعضها فوق بعض فيبقى جلد السمك مرناً نوعاً رغم غطائه الصلب.

## بصمات الأصابع

الجلد على راحتي يديك وأخمصي قدميك تُحرزه خيود دقيقة تكسب الجلد قبضة أفضل لأمساك الأشياء. إن نمط هذه الخيود فريد متميز، كبير ينمو، لكن شكله يظل ثابتاً لا يتغير.



## لون الجلد

بعض الحيوانات تستطيع تغيير لون جلدها. فالجبار (السيدج) مثلاً، يُغير لونه بتغيير حجم قطرات خاصة في جلده. أما البشر فتكسب جلودهم لونها من خضب يدعى القتامين (أو الميلانين)، يتكون تحت سطح الجلد مباشرة. وتحوي جلود بعض الناس خضب الكاروتين أيضاً في الأدمة. وهكذا فإن جلود البشر لا تختلف إلا بكمية الخضب التي تحتويها.



## لمزيد من المعلومات انظر

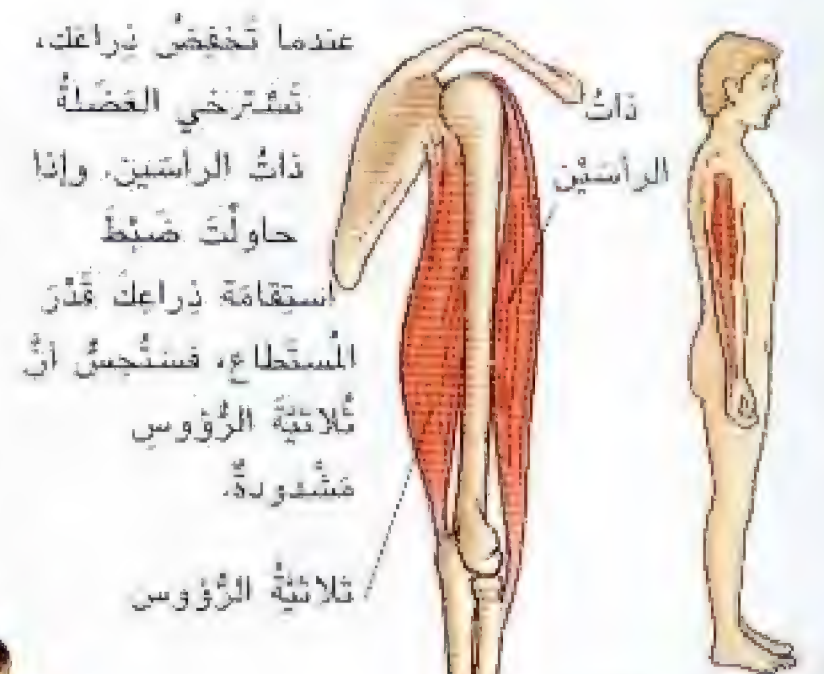
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الرئويات ص ٣٢٤
- الأسماك ص ٣٢٦
- الزواجف ص ٣٣٠
- القبور ص ٣٣٢
- البينة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠



# العَضَلات

## العَضَلات البَشَرِيّة

يحتوي جسم الإنسان حوالي 660 عضلة إرادية، يَشْرِي فيها مَدَدٌ وافرٌ من الدَّم، فيوفّر لها الأكسجين والغلوكون. والعضلات تُسَخَّنُ بالانقباض، فتُعِدُّ الجسمَ بحوالي أربعة أضعاف طاقته الحرارية.



الحَرَكَاتُ التي يَقُومُ بِهَا رُؤُوسُ وَاحِدٍ مِنَ العَضَلاتِ قَلِيلَةٌ جِدًّا؛ فَكَبِيرُ الحَرَكَاتِ تَقْتَضِي عَمَلَ عِدَّةٍ عَضَلاتٍ مُعَا، فَالْبَلْعُ مِثْلًا، يَطْلُبُ عَمَلَ سِتٍّ عَضَلاتٍ عَلَى الْأَقْلَى.

عضلة  
إرادية  
بشرية

لَبَيْفَةُ عَضَلِيّة

ليفَة عَضَلِيّة

حُرْمَةُ الْيَافِ

ذاتُ

الرَّاسَيْنِ

عندما

تَرْفَعُ

ذراعَكَ،

تُتَخَفِّضُ ذَاتُ

الرَّاسَيْنِ، وَتُسْتَرَخِي

العضلةَ المُضَادَّةَ -

الثلَاثِيّةَ الرُّؤُوسِ.

عندما

تَرْفَعُ

ذراعَكَ،

تُتَخَفِّضُ ذَاتُ

الرَّاسَيْنِ، وَتُسْتَرَخِي

العضلةَ المُضَادَّةَ -

الثلَاثِيّةَ الرُّؤُوسِ.

## تنفيذ الحركة

حَالَمَا يَهْمُ الصَّفَدْعُ بِالْفَقْرِ، يُبْرِقُ الدِّمَاغُ إِشَارَاتٍ عَبْرَ أَعْصَابِهَا إِلَى عَضَلاتِ رِجْلَيْهَا، فَتَنْقَبِضُ الأليافُ العَضَلِيّةُ تَوًّا وَتَبْنِي عَمَلِيَّةَ الْفَقْرِ. بَعْضُ الأليافِ العَضَلِيّةِ يَتَقَلَّصُ بَيْنَمَا يَسْتَرَخِي بَعْضُهَا الْآخَرُ حَتَّى وَالصَّفَدْعُ سَاكِئٌ لَا يَتَحَرَّكُ. وَهَذَا يُقَيِّمُ العَضَلاتِ مُشَدَّدَةً (سَوِيَّةَ التَوْتَرِ) وَيَحْفَظُ الْجِسْمَ صَحِيحًا نَبْطًا. التَّوْتَرُ العَضَلِيّ السَّوِيُّ مُهِمٌّ جِدًّا فِي أَجْسَادِنَا نَحْنُ أَيْضًا، وَنَحْسُنُ بِالْتَّمَرِينِ الْمُنتَظِمِ.



**انقباض (أو تقلص) العضل**  
تحتوي اللييفة العَضَلِيّةُ عَنَاقِدَ مِنْ بَرُوتَيْنِ مُخْتَلِفَيْنِ هُمَا الأَكْتِنُ وَالْمَيُوسِينُ، يَتَأَلَّفُ كُلُّ مَنِمَا مِنْ خُيُوطٍ مُتَفَصِّلَةٍ مُوَضَّعَةٍ فِي طَبَقَاتٍ مُتَرَاكِكَةٍ. فعند اسْتِرْخَاءِ اللَّيْفَةِ العَضَلِيّةِ تَتَرَاكَبُ خُيُوطُ الأَكْتِنِ وَالْمَيُوسِينِ قَلِيلًا. أَمَّا إِذَا اسْتَحْبَبَتِ اللَّيْفَةُ بِإِشَارَةِ كَهْرِبَائِيَّةٍ مِنْ عَصَبٍ، فَإِنَّ خُيُوطَ المَيُوسِينِ تَتَجَلُوبُ نَحْوَ خُيُوطِ الأَكْتِنِ فَتَنْزَلِقُ عَابِرَةً بَعْضُهَا بَعْضًا؛ فَتَقْصُرُ اللَّيْفَةُ العَضَلِيّةُ وَتَقْلُصُ العَضلةَ.

لزيد من المعلومات انظر
الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
الرخويات ص ٣٢٤
البرمائيات ص ٣٢٨
الخلايا ص ٣٣٨
الدورة الدموية ص ٣٤٩
الحركة ص ٣٥٦
الأعصاب ص ٣٦٠

## انقباض العضل

إِذَا رَفَعْتَ وَرْثًا ثَقِيلًا، فَسِرْعَانِ مَا تَتَعَبُ ذِرَاعَكَ. لَكِنْ عِنْدَمَا تَنْقَبِضُ عَضَلَةُ الْقَدَمِ فِي الْبَطْلِيُوسِ التي يَتَمَسَّكُ بِهَا فِي مَوْقِعِهِ، فَإِنَّهَا تَتَعَبُ دُونَ مَا حَاجَتْهُ إِلَى مُزِيدٍ مِنَ الطَّاقَةِ لِتَنْظِلَ مُتَقَلِّصَةً؛ رُغْمَ أَنَّهَا تَحْتَاجُ طَاقَةً لِفَكِّ الْإِنْعِقَالِ. وَهَذَا ضَرْبٌ خَاصٌّ مِنَ العَضَلاتِ الْإِرَادِيَّةِ يُسَمَّى العَضَلُ الْقَاطِبَةُ.



## بنية العضل

تَتَأَلَّفُ العَضلةُ مِنَ الْيَافِ مُتَعَدِّدَةٍ مُنْتَظِمَةٍ فِي حُرْمٍ. كُلُّ لَبَيْفَةٍ عَضَلِيّةٍ هِيَ خَلِيَّةٌ وَاحِدَةٌ؛ وَالْخَلَايا العَضَلِيّةُ غَيْرُ عَادِيَّةٍ لِأَنَّهَا تَحْوِي عِدَّةَ نَوَى، وَفَدِ تَجَاوَزُ السَّيْتِمَتَرُ طَوْلًا. وَتَتَأَلَّفُ الأليافُ (الخلايا) مِنْ خُيُوطٍ أَصْعَرٍ تُدْعَى اللَّيْفَاتِ، تَحْوِي كِيمَاوِيَّاتٍ يَنْزَلِقُ بَعْضُهَا عَبْرَ بَعْضٍ فَتُسَبِّبُ انقباضَ العضلِ.



## لويجي غلفاني

عَالِمُ التَّشْرِيحِ الْإِيطَالِي، لُويجِي غَلْفَانِي (١٧٣٧ - ١٧٩٨)، اكْتَشَفَ عَرَضًا أَنَّ رِجْلِي صَفَدْعٍ مَيِّتٍ تَتَقَلَّصَانِ عِنْدَ تَعْلِيْقِهِمَا فِي إِطَارٍ حَدِيدِيٍّ بَدْبَابِيْسٍ نَحَاسِيَّةٍ. فَحَسِبَ غَلْفَانِي أَنَّ عَضَلَاتِ الصَّفَدْعِ هِيَ الَّتِي وَلَدَتْ الْكَهْرِبَاءَ الَّتِي سَبَّبَتْ التَّقَلُّصَ. لَقَدْ كَانَ مُحِقًّا فِي ظَنِّهِ أَنَّ الْكَهْرِبَاءَ تُسَبِّبُ فِي تحريكِ العَضَلاتِ؛ لَكِنْ تَوَلَّدَ الْكَهْرِبَاءُ، كَانَ نَتِيجَةُ تَفَاعُلِ الْفِلْزَيْنِ مُعَا. وَنَحْنُ نَعْلَمُ الْآنَ، أَنَّ الإِشَارَاتِ الْكَهْرِبَائِيَّةَ فِي الْأَعْصَابِ هِيَ الَّتِي تُسَبِّبُ انقباضَ العَضَلاتِ.





# الحركة

الحركة من خصائص الحياة - حتى وأنت تجلس ساكنًا دون حراك، فإن الحركة مستمرة في أجزاء من جسمك. فالقلب يخفق لضخ الدم حول الجسم، والطعام يحرك عبر جهازك الهضمي. هذا النوع من الحركة لا إرادي يتم دون تدبير منك. والإنسان، كما سائر الحيوانات الأخرى، يستخدم الحركات الإرادية لتحريك جزء من جسمه، أو للانتقال بكامل جسمه من مكان إلى آخر. وتعتمد طريقة تنقل الحيوان على شكل جسمه وحجمه ونوع بيئته. نسيبًا، الحيوانات الصغيرة أسرع تحركًا من الحيوانات الكبيرة لأنها تولد قدرة أكثر بالنسبة إلى وزنها. فلو كان الصرصور بقد الإنسان، فإن سرعته بالنسبة المقياسية ذاتها، تبلغ ١٤٠ كم/سا.

## الحركة في النبات

بعض النباتات، كالأقحوان، تفتح أزهارها مع شروق الشمس وتغلقها عند المغيب. وتحدث حركة النوم بفعل تغيرات الضغط داخل خلايا النبات. والنبات، والأوراق النباتية، كما في البرسيم ونباتات أخرى من فصيلة البسلي، هو مظهر شائع آخر من مظاهر حركة النوم.



الأقحوان (بليس برييس) يغلق أزهاره عند غروب الشمس.

## أثر مسار القوقع

القواقع والبراق ذات قدم أحادية ماصة متحركة الشكل. القدم العضلية تنقل تمرجًا فيزحف الحيوان قدمًا. ويفرز القوقع مخاطًا غرويًا يمكنه من التمسك بالسطوح الخشنة والتحرك فوقها.



قوقع البساتين (هليكس اشترسا)

## التنمّج

نحن نبلغ نغم الطعام إرادياً بتقليص عضلات في مؤخرة الفم. أما حركتها في المريء وسائر فتاة الهضم، فتجري لا إرادياً بالتنمّج. ويتم ذلك بانقباض العضلات دورياً لدفع محتويات القناة الهضمية على امتدادها ومزجها بالعصارات الهاضمة.



تنقبض العضلات دورياً فتدفع المريء وتدفع الطعام قدماً. بلعة من الطعام

يحدث التمعج عكسياً عندما ترفض المعدة الطعام فيحصل القيء.

## السير على أرجل

دوات الأرجل من الحيوانات تحرك أرجلها بتسقي معين. فالإنسان يحرك رجله بالتناوب. ويسير المفهد بتحريك الرجل الأمامية اليمنى مع الرجل الخلفية اليسرى، ثم الأمامية اليسرى مع الخلفية اليمنى على التوالي. لكنه في العدو السريع يحرك رجله الأماميتين معاً ثم الخلفيتين معاً.



## تعبير الوجه

التعبير الوجهية، كالذهول أو الابتسام، هي حركات دقيقة إرادية يشارك بها أكثر من ٣٠ عضلة مختلفة. ورغم أنها إرادية، فإننا نقوم بها غالباً دون تفكير.

## القدرة المرونية

يستطيع البرغوث القفز إلى علو يفوق طوله ١٠٠ مرة، بفضل لينات من الرزلين (بروتين فطاني يخزن الطاقة) في المفاصل بين رجليه وجسمه. قبل كل قفزة، تخزن طاقة انقباض العضلات في هذه اللينات، وتطلق آنياً عندما يقفز البرغوث، نافضة رجله إلى الخلف فجأة، وفادفة إياه في الهواء.



يترجع ذيل المفهد صعوداً ونزولاً لموازنة حركة أرجله.



تمسك الرجل المفهد بالكامل حتى تكاد تكون أفقية، ويتقوس عموده الفقري سفلًا. فهيكل المفهد ذو مرونة غير عادية.



المفهد (أسينونيكس جوباتوس) أسرع الحيوانات البرية. فقد تبلغ سرعته حوالي ١١٠ كم/سا بقفزات سريعة طويلة (حوالي ٧ أمتار).

## التحرك بدون أرجل

تتحرك الحيات بطرق أربع مختلفة. في الطريقة الأكثر شيوعاً، تتحوى الحية بحركة ثعبانية، وتشد الحوايا على الأرض فتندفع الأفعى قدماً. في الأماكن الضيقة، تثبت الأفعى ذيلها في الأرض، وتمد جسمها إلى الأمام، ثم يتبعه الذيل بحركة تموجية طويلة (أكوردونية). أما الحيات الثقيلة فتزحف في خط مستقيم، يرفع وحفر خراشيف بطونها. وتتحرك بعض الحيات (الرميلية الموطن بخاصة) بحركة تلو جانبي، فتدلف ليات من الجسم إلى الأمام وتتبعها بقية الجسم.

تتحرك هذه الحية غير الشائفة الصفراوية التخطيط (تمنويس سرتالس) بتمعج أفعواني.





## الطيران والسباحة

الطيران والسباحة وسيلتا الحركة عبر مائعتين مختلفتين تمامًا. تطير الحيوانات أو تسبح بدفع المائع إلى الخلف، فتندفع هي بقوة رد الفعل في الاتجاه المعاكس - إلى الأمام. إن كثافة الجسم في معظم الحيوانات السابحة مساوٍ تقريبًا لكثافة الماء حولها فلا ترتفع ولا تغوص. أما في الحيوانات الطائرة فالجسم أكثر من الهواء بكثير؛ فلا بد لها من استخدام أجنحتها في تحليقها كما في تحريكها.



### الطيران الانسيابي

جناح الطائرة، مُبسَّطًا، أشبه بسطح انسياب زافع، يتلقى دفعا من أسفل إلى أعلى عندما يسري الهواء من فوقه. أثناء طيرانه الانسيابي، تشد الجاذبية الطائرة سفلًا، والرفع يدفعه صُعدًا. تعتمد الطيور على الطيران الانسيابي لتقطع مسافات طويلة بجهد قليل، بخاصة في الهواء الدافئ الصاعد.

### التوجيه أثناء الطيران

كثير من الحشرات الطائرة لها زوجان من الأجنحة. أما الطائر (النوع تبيولا) ودباب المنازلي فلها زوج واحد فقط. وقد تطوّر الجناحان الخلفيان إلى عضوين دقيقين دبوسيين يعرفان بدبوس التوازن. فهما، بتذبذبهما أثناء الطيران، يَتَجَان إشارات عصبية تُبقي الحشرة في مسارها المُحدّد.



دبوس التوازن  
يُساعدان الدباب  
الطيران في الجفاف  
على توازنها أثناء  
الطيران.

### الدفع النفاث

يُخوي جسم الحبار الكبير (السبيدج) تجويفًا مليئًا بالماء عادةً. يستطيع الحبار تقليص هذا التجويف بسرعة فائقة فينبسج الماء خارجًا عبر منفذ متغير. وباندفاع الماء عبر هذا المنفذ، يندفع الحبار في الاتجاه المضاد. ويُغيّر الحبار اتجاهه بتغيير موقع منفذه. وبطريقة الدفع النفاث هذه تتحرك الأخطبوطات والسبيدجات الأخرى.



٢. في خفقة الصعود، يرفع الطائر جناحيه حتى يكاد يتماسك.

٢. يدفع ذيل كلب البحر وجسمه الماء إلى الخلف فيندفع هو بقوة رد الفعل إلى الأمام.

تستخدم الهلاميات المشطية المكورة الجوف هذبتها للتنقل؛ كما تساعد الهذبة على مجساتها في التقاط الجسيمات الغذائية.



١. جسم النمامة شبيه يُخفّض الاحتكاك بالهواء أثناء الطيران.



### اللاطئات

اليرتقيل من القشريّات البحرية الهذبية الأرجل يلتصق بالشعوط الصلبة ويغذي بقطع الغذاء التي تجمعها أرجله الرئيسية الضاربة في الماء. تقضي اليرتقيلات كامل حياتها في مكان واحد كسائر الحيوانات اللاطئة، لكن يرقاتها تتنقل سابحة أو مُجرّفة من مكان إلى آخر.



١. يقلص كلب البحر السباح العضلات في جانبي الجسم فتدور، فينتقل الجسم من جانب لآخر.

### الطيران الخفّاق

يُرفرف الطائر جناحيه سفلًا وخلفًا لينطلق في الهواء؛ وبانطلاقه يتولّد الرفع يسري الهواء فوق جناحيه، فيبقى مُرتفعًا. وإذا توقّف الطائر عن الارتفاع تباطأ سرعته فيتناقص الرفع ويبدأ بالهبوط. تستخدم الطيور الطيران الخفّاق للانطلاق بسرعة أو لاتخاذ اتجاه معين.

٥. الجناحان جاهزان ليشد سفلًا بواسطة عضلات قوية في صدر الطائر.

يستخدم كلب البحر زعنفته الصدرية لتغيير اتجاه جسمه أثناء السباحة.

### السباحة

تسبح السمكة بدفع الماء برعانها أو بكامل جسمها. الأسماك العظروفية في معظمها، ككلب البحر هذا، تُنسي أجسامها في السباحة. أما الأسماك العظمية، كالسمك الذهبي (سمك المرامي المائية) فتدفع غالبًا بالذيل والرعانبة الصدرية فقط، مُستخدمة الزعانف الأخرى للتوجيه. بعض الأسماك كالثور والاسقمري مزودة بمجموعات عضلية خاصة تستخدمها في السرعات المفاجئة.



### التنقل الهذابي

الهلاميات المشطية المكورة الجوف عديمة الأرجل والزعانف. وهي تتنقل بحفّ هذابات شعريّة مشطية النسق تعمل كالمجاديف. وهي تستخدم هذه الهذبة أيضًا ليلطفو فائمة على مقربة من سطح الماء.

### لمزيد من المعلومات انظر

- السرعة ص ١١٨
- القوى والحركة ص ١٢٠
- الرؤويات ص ٣٢٤
- الأسماك ص ٣٢٦
- الزواحف ص ٣٣٠
- الطيور ص ٣٣٢
- الهضم ص ٣٤٥
- العضلات ص ٣٥٥



## الحواس

الحواس هي نوافذنا على العالم من حولنا - فكل ما يعرفه الشخص عن بيئته يأتي عن طريق عيِّنه (البصر) وأذنيه (السمع) وأنفه (الشم) ولسانه (الدوق) وجلده (اللمس) - إضافة إلى حسه الداخلي الأحشائي الذي يُشعره بالجوع أو العطش أو المَغص مثلاً. فأعضاء الحس على اختلافها، تُرسل دَقَقًا من المعلومات عبر الأعصاب إلى الدماغ، الذي يتلقَّى الإشارات ويردُّ بالاستجابة المناسبة لها. وتعتمد الحيوانات المُختلفة على حواسٍ مُختلفة تبعاً لطرائق حياتها. فبعضها، كالقِطط، يَتميَّز ببَصَرٍ ثاقِبٍ وسمعٍ مُرهَفٍ؛ في حين تَتميَّز حيوانات أخرى، كالكلاب، بحاسة شم حادة. هذا وتَعرَّف بعض الحيوانات مُحيطها



جملة حواس

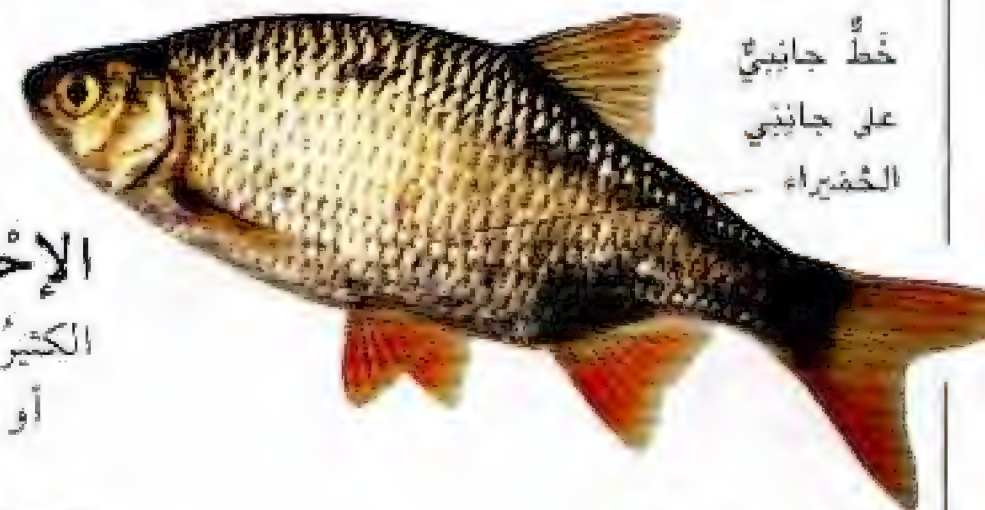
يتكلم الناس في العادة عن حواس خمس. والواقع أن الحواس أكثر من ذلك بكثير؛ فالشم وحده يشمل عدَّة حواس - إذ إن نهايات الأعصاب الخاصة في الجلد حساسة للضغط والألم والحرارة والبرودة. كما إنك تُحس بمواقع ذراعيك ورجليك وأوضاعها - إضافة إلى حس التوازن الذي يُتيقك مُتصباً.

### الكلب الهليّة

في الظلمة، قد تدور في المثل ماذا ذراعك أمامك لتحس طريقك. والحيوانات الأخرى، كهذا الشَّهَم المُبراني (هستركس أفريكوسترالس)، تتحس طريقها بكلبها الهليّة - وهي شعرات جابضة طويلة في مُقدِّمة رأسي الحيوان تعمل كغصن لشم يتحس العوائق في طريق الحيوان قبل الارتطام بها.



بإحساسات الضَّغط والحرارة وحتى الكهرباء.



خط جانبي على جانبي الحُميراء

### الإحساس بالحركة والضغط

الكثير من أعضاء الحس قادر على اكتشاف الحركة والضغط - لَمَسًا أو صوتًا أو دَبْدَبات. فحسُّ الجُندب في مُعظمه حساس للَمَس، وبه أيضًا خلايا حساسة للذبذبات في الأرض، فتنبذره ليَقْفَر مُتبعًا من طريق حيوانٍ داب. والصوت شكل آخر من أشكال الضغط يتحسُّه الجُندب عبر أذنيه.

### الخط الجانبي

يوجد في الكثير من الأسماك خط من الخلايا الحساسة على جانبي الجسم يُدعى الخط الجانبي - من وظائفه اكتشاف التموجات الضغطية المُنتقلة عبر الماء وتحسُّ حركة الحيوانات الأخرى من حولها.

### الإحساس بالضوء

عيُن الجُندب مُعدّتا التركيب تتألف واجدتهما من عُيُنات مُتعددة مُستقلة الغدسات، فتُنتج صورًا دقيقة فسيّسائية النمط يُوجدها الجُندب ليرى العالم من حوله. أمّا عيُن الإنسان فتعملان بطريقة مُختلفة. فكل عين تحوي عدسة واحدة تُركِّز الضوء على ستارة مُتوسّية من الخلايا العصبية الحساسة للضوء (تدعى الشبكية) فتكون صورة واحدة فقط.



قد تتواجد طبلتا أذني الجُندب على جانبي البطن، أو على القسم السفلي من الرجلين.

### الإحساس بالصوت

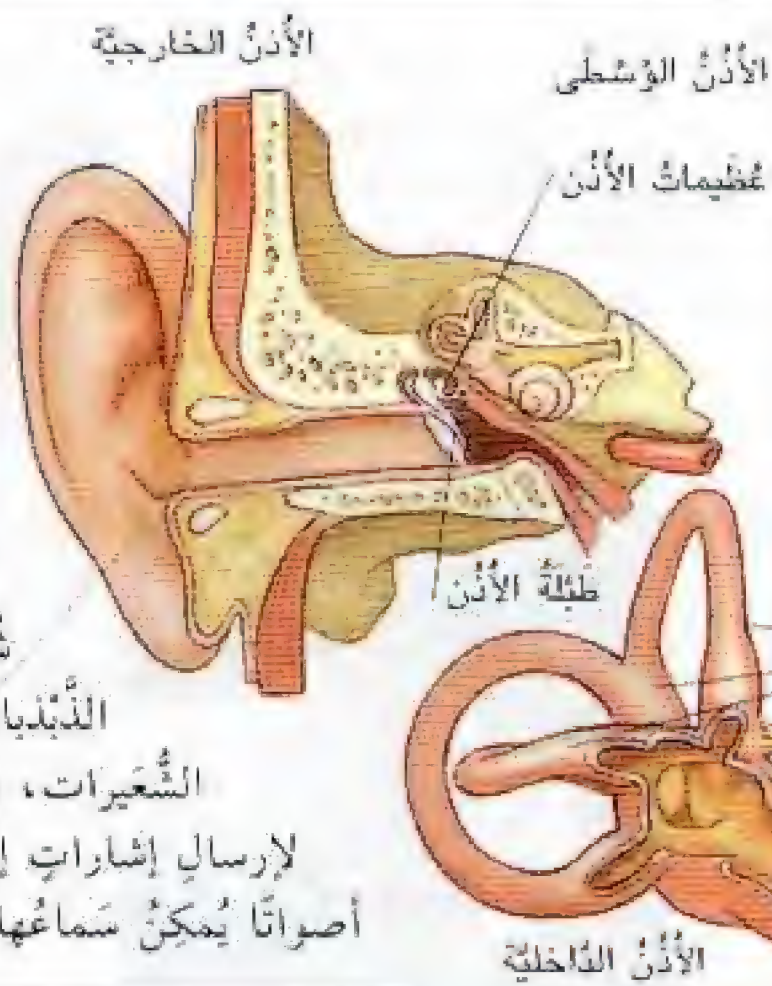
أذن الجُندب تتألف من طبلية مُسطحة على الغطاء القشري، وتُحلقها حَجَرَةٌ يملؤها الهواء. عندما تذبذب الأمواج الصوتية الطبلية، تتحسُّ الخلايا المُتصلة بها تلك الذبذبات وترسل إشارات بها إلى الدماغ. أمّا الحشرات الصغيرة، كالذباب الصغيرة والبعوض، فتستطيع كشف الصوت بقرني الاستشعار لديها.

### محسّات الحس الجسدية

ترتبط الصفائح الضلّية حول جسم الجُندب بمفاصل مرنة. وكل مُفصل مزود بخلايا خاصة على كلا جانبيه؛ وهي إمّا مُنظمة أو مُمتطة، تبعاً لوضع المُفصل. هذه الخلايا تُرسل إشارات إلى الدماغ، يتحسُّ الجُندب بواسطتها وضعية جسمه. ولدى الجُندب أيضًا، ككل الحيوانات تقريبًا، خلايا أخرى تُكثف شدَّ الجاذبية يستبين بها الاتجاه إلى فوق.

### أذن الإنسان

الأذن الخارجية في الإنسان تُوجّه الأمواج الصوتية إلى الطبلية فتجعلها تذبذب. فتنتقل العظيّمات الثلاث الدقيقة في الأذن الوسطى الذبذبة إلى القوقعة، التي تحوي سائلًا وخلايا ذات شعيرات خاصة. فتنتقل الذبذبات عبر السائل مُحرّكة الشعيرات، ومُستجيئة الخلايا العصبية لإرسال إشارات إلى الدماغ. والدماغ يُحيلها أصواتًا يُمكن سماعها.





## الدُّوقُ والشَّم

تُستخدَم الحيوانات حاستي الدُّوقِ والشَّم لِكَشْفِ الكيماويّات. فعندما تَذوقُ شيئاً تتأثّرُ مَجْمُوعَاتُ مِنَ الخلايا المُهَدَّبَةِ على اللِّسانِ، تُدعى حُلَيْمَاتِ الدُّوقِ، بالكيماويّات المُدَايَةِ في الماءِ أو اللُّعَابِ وتُرْسِلُ إشاراتٍ عَصَبِيَّةً بِهَا إلى الدِّماغِ. وكذلك حين تُشَمُّ تتأثّرُ خلايا في أعلى الأنفِ بالكيماويّات المُدَايَةِ في بَطَانَةِ الأنفِ الرُّطْبَةِ. حُلَيْمَاتُ الدُّوقِ حَسَّاسَةٌ لِقُطْعُومِ الحُلِيِّ والمُرِّ والحامِضِ والمالحِ فقط. أمّا النكهات والمذاقات المُتعدِّدة الأخرى فهي مَزيجٌ من هذه المذاقات الأربعة. حاستا الدُّوقِ والشَّم مُترابطتان تَتَمَّمانِ بعضهما، لذا يتعدَّرُ على المَرْكُومِ تمييزُ نكهاتِ الأطعمة المُتغَايِرَةِ.

أَفْعَى (فَيْدِرايُوس)

## عُضْوُ جَاكُوبُسُون

تَحَسُّسُ الحَيَّةِ الرِّوَانِجِ المُخْتَلِفَةِ في ثَقَرَةٍ في سَقَفِ الفَمِ تُدعى عُضْوُ جَاكُوبُسُون. تُلَوِّحُ الأَفْعَى بِلسانها لِتَلْقُظَ الكيماويّات من الهَوَاءِ، ثُمَّ تَضَعُ ظَرْفَ لِسَانها المُشْتَقِ فِي عُضْوِ جَاكُوبُسُون، المُبْطِنِ بِخَلَايا خَاصَّةٍ تَبَيِّنُ الكيماويّات المُتَلَقَّظَةَ من الهَوَاءِ.

## الشَّم

بعض الحيوانات تُستخدِمُ الرِّوَانِجِ لِتَفَاهُمِ إرسالاً واستقبالاً. فَتَرُكُ الكِلَابُ، مثلاً، رِوَانِجَهَا لِتَحَدِّدَ مَنَاطِقَ نَفْوذِها، أو لِشِّعْرِ الكِلَابِ الأخرى بِوُجُودِها. وهي تُستخدِمُ حاسةَ الشَّم لِاسْتِيعَابِ «صُورَةٍ» عن العالَمِ مِنْ حَوْلِها.

تَتَوَاجَدُ شُعْطُ حُلَيْمَاتِ الدُّوقِ فِي ثَلَمٍ دَقِيقَةٍ على سَطْحِ اللِّسانِ.

عُضْوُ جَاكُوبُسُون

الدُّوقُ حُلَيْمَاتُ الدُّوقِ المُخْتَلِفَةُ على

لِسَانِ الحيوانِ تَحَسُّسُ المذاقات المُخْتَلِفَةَ كالحُلِيِّ والحامِضِ. وَتُمْكِنُ حاسةُ الدُّوقِ الحيوانَ مِنْ تَقْرِيرِ ما إذا كانَ الشَّيْءُ صَالِحاً لِأَكْلٍ أَمْ لا، فَيَخْتَارُ المَلانِمَ مِنَ الأَطْعِمَةِ وَيَتَجَنَّبُ الضَّارَّ أو السَّامَ مِنْها.

## الحِسُّ في النَّباتِ

لَيْسَ لِلنَّبَاتاتِ أَعْضَاءُ حِسٌّ خَاصَّةٌ، لَكِنَّها تَسْتَطِيعُ الاسْتِجَابَةَ لِبَئِثَةِ حَوْلِها. فَجَمِيعُ النَّباتاتِ حَسَّاسَةٌ لِلضَّوِّءِ والجاذبيَّةِ، وَبَعْضُها يَحَسُّسُ أَيْضاً الأَجْسامَ المُجاوِرَةَ. فَالنَّبَتَةُ المُسْتَحِجَّةُ (بِيْمُوزَا بُوْدِيكا) مَثَلٌ جَيِّدٌ على هَذِهِ الاسْتِجَابَةِ إِذْ تُرْعَانِ ما تَنطَلِقُ أَوْرَاقُها عَندما تُمسُّ، وَتُحَسُّ «عَنَمُ النَّباتاتِ المُعْتَرِشَةِ الأَشْيَاءِ، فَتَسْتَجِيبُ بِتَعْلِيلِ النَّبَتَةِ بِالْإِتِّفَافِ حَوْلَ الدَّعَامَةِ الَّتِي تُمْسُها.

عَنَمٌ (أو مُعَالِيقُ) المُعْتَرِشَاتِ، كَنَبَتَةِ البَسِيلِ هَذِهِ، هِيَ أَوْرَاقٌ مُخَوِّرةٌ خَيَوطاً لِلتَّعْلِقِ.

انطباقُ أَوْرَاقِ النَّبَتَةِ المُسْتَحِجَّةِ قد يُنْقِذُها مِنْ أَنْ تُؤْكَلَ.

## تَقْدِيرُ المَسَافَاتِ

الكثيرُ مِنَ الحَيواناتِ، بما فيها الإنسانُ، يُبْصِرُ بِالعَيْنَيْنِ مِمَّا يُنْبِئُ لَهَا تَقْدِيرُ المَسَافَاتِ، لأنَّ العَيْنَيْنِ الأَمَامِيَّيْنِ التَّوَجُّهُ تَكُونانِ صُورَتَيْنِ مُخْتَلِفَتَيْنِ قَلِيلاً لِلجِسمِ ذَاتِهِ. هَذَا العَنَكَبُ القَفَّارُ الضَّئِيلُ القَدِّ (لِسُومَايز فِيرِيدِس) لَهُ أَرْبَعَةُ أَزْوَاجٍ مِنَ العُيُونِ الكَبِيرَةِ، بَعْضُها يَتَجَهَّ جَانِبِيّاً. لَكِنْ زَوْجاً مِنْها أَمَامِيٌّ التَّوَجُّهُ، فَيُمْكِنُ العَنَكَبُ مِنْ تَقْدِيرِ بُعْدِ الفَرَسَةِ قَبْلَ القَفْرِ لِإِتِّقَاطِها.

قَرْنُ الاسْتِشْعَارِ فِي جُفَلِ الجِراجِ يَنْتَشِرانِ كالمِزْوَحةِ.

## اجْتِدَابُ القَرِينِ

إِناثُ الحَشَرَاتِ غالِباً ما تُعرَفُ الذُّكُورُ بِمَوَاقِعِها بِابْتِعاثِ كَمِّيَّاتٍ ضَخِيلةٍ مِنَ الكيماويّاتِ، تدعى الفِيرُومُوناتِ، تَنْتَشِرُ في الهَوَاءِ. وَلَمَّا كَانَتْ ذُكُورُ النُّوعِ حَسَّاسَةً لِهَذِهِ الفِيرُومُوناتِ، فَإِنَّها تَتَّبِعُ مَصَادِرَها لِإِيجادِ الإناثِ والتَّزْوَاجِ. وَيَحَسُّسُ الذُّكُورُ مِنْ جُفَلِ الجِراجِ (مِلُونَتَا مِلُونَتَا) فِيرُومُوناتِ الإناثِ بِقَرْنَيْ اسْتِشْعَارِهِ المُرَشَّشَيْنِ.

## المَجالاتُ الكَهْرَبائيَّةُ

الإِنصارُ في المِياهِ المُوجَلَّةِ مُتَعَدِّدٌ لِلغَايَةِ. بَعْضُ الأَسْماكِ مِنْ نَوْعِ جِمْنَارِكُوسِ تِلُونِيكُوسِ، تُستخدِمُ مِجالاً كَهْرَبِيّاً، تُؤَلِّدُهُ حَوْلِها عَضَلاتٌ خَاصَّةٌ فِيها. إِذا ما اضْطَرَبَ المِجالُ، تَسْتَطِيعُ السَّمَكَةُ تَعْرِفُ المُسَبِّبَ، حَاجِماً وَمَوْقِعاً.

## لِمزيد من المعلومات انظر

- إحداثِ الصَّوتِ وَسَماعُهُ ص ١٨٢
- الإبصار ص ٢٠٤
- المُفَصِّلَات ص ٣٢٢
- الأَسْماك ص ٣٢٦
- الجِلْد ص ٣٥٤
- الحَرَكة ص ٣٥٦
- الأَعْصاب ص ٣٦٠
- الدِّماغ ص ٣٦١



# الأعصاب

حينما تتناول هذه الموسوعة لتقرأ، تحصل أشياء كثيرة بسرعة فائقة. فذراعاك تنهيان لحمل الكتاب ورفع به بالقوة المناسبة. وتنقبض عضلات ظهرك حتى لا يسقط جسمك إلى الأمام، كما تتكيف عضلات عينيك للتركيز على الصفحات أمامك. وكل هذه الترتيبات تتم بفضل الأعصاب. تتألف الأعصاب من حزم طويلة من الخلايا الرفيعة، تدعى العصبونات، تنقل الإشارات الكهربائية بسرعة: فالعصبونات الحسية تنقل الإشارات من مختلف أجزاء الجسم إلى الدماغ أو إلى النخاع الشوكي. والعصبونات المحركة تنقل الإشارات من الدماغ أو النخاع الشوكي إلى العضلات لجعلها تنقبض. ويربط بين هذين الضربين من الخلايا عصبونات مختلفة رابطة، إرسالاً واستجابة، تبعث الرسائل إلى الدماغ وتعيد الدفقات العصبية إلى العصبونات المحركة.

إذا تأدّى إصبعك بشوكة أو شيء ساخن تنقل الإشارات إلى النخاع الشوكي، لا إلى الدماغ، من أجل رد فعل فائق السرعة.

١. يُثير الألم العصبون الحسي لينتج إشارة.

## كيف تعمل الأعصاب

في جهازك العصبي ثلاثة ضروب من العصبونات (الخلايا العصبية). فإذا لمست شيئاً مؤلماً، يتحسس الألم عصبون حسي؛ فيرقي هذا إشارة كهربية إلى عصبون رابط في النخاع الشوكي. وبدوره يمرر عصبون الرابط الإشارة إلى واحد أو أكثر من العصبونات المحركة، فتعيد هذه يدك عن مصدر الألم. ويدعى هذا الضرب من رد الفعل الفائق السرعة منعكساً.

## الجملة العصبية في الإنسان

تتألف الجملة العصبية في الإنسان من الجهاز العصبي المركزي (النخاع الشوكي والدماغ) والأعصاب المحيطية. وينسق الدماغ كل ما يقوم به الجسم. بعض الجملة العصبية إرادي يمكن التحكم به، والباقي يعمل تلقائياً، بحيث يتنظم عمل الجسم سلساً دون تدخلك.

## الشبكات العصبية

أعصاب الدودة المسطحة تنشر عبر جسمها في شبكة مترابطة. وتنبعث الأعصاب إشارات تجعل جسمها ينقل موجياً فيمكنها السباحة.

الجهاز العصبي في الدودة المسطحة

الدودة مسطحة متوازنة التخطيط (بروشيسايريوس فيناتوس)

## أعصاب الحشرات

الجملة العصبية في الحشرات أبسط منها في الحيوانات العليا. فتتألف من دماغ وتجمعات من العصبونات، تعرف بالعقد العصبية، يرتبط بعضها مع بعض بواسطة صفوف من الألياف العصبية.

الجهاز العصبي في الجندب

جندب (جرادة)

## الأعصاب العملاقة

دودة الأرض (الخُرطوم) مجهزة بعصبونات عملاقة خاصة تمتد من الذيل إلى الرأس، وتنقل الإشارات بسرعة تزيد ٥٠ مرة عنها في بقية الأعصاب. فإذا نقر طائر ذيل الدودة، تنطلق الإشارات مُسرعة على طول الأعصاب العملاقة، فتقبض الدودة تَوّاً.



## الميلين (التخاعين)

بعض العصبونات يلفها غمد دهني يدعى الميلين أو التخاعين، يزيد من سرعة انتقال الإشارات العصبية فيها؛ ويمنع سروب إشارات العصبون الكهربائية - كما العازل اللدائي حول سلك كهربائي. وتُخلق الميلين خلايا خاصة تلتف حول المحاور تسمى خلايا شوان.

غمد تخاعي حول المحاور

جسم الخلية في عصبون حسي

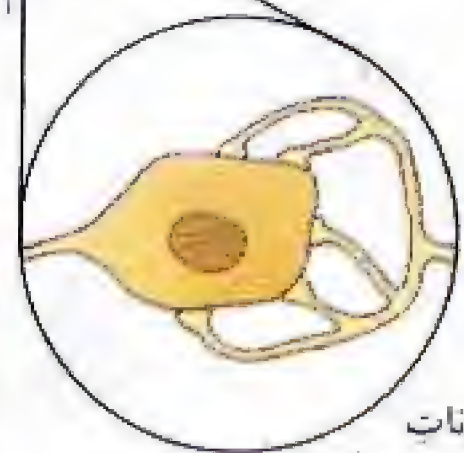
تصل الإشارة إلى عصبون الرابط قاذرة عبر أحد المشابك.

٣. تنقل الإشارة إلى عصبون رابط في النخاع الشوكي.

جسم الخلية في عصبون محرك

## المشابك

تلتقي العصبونات في فجوات دقيقة تدعى المشابك تفقر غيرها الإشارات الكهربائية في اتجاه واحد. بعض العصبونات يمرر الإشارة حال استقبالها بينما آخر تنتظر وصول عدد من الإشارات قبل ابتعاث دفعة عصبية منها.

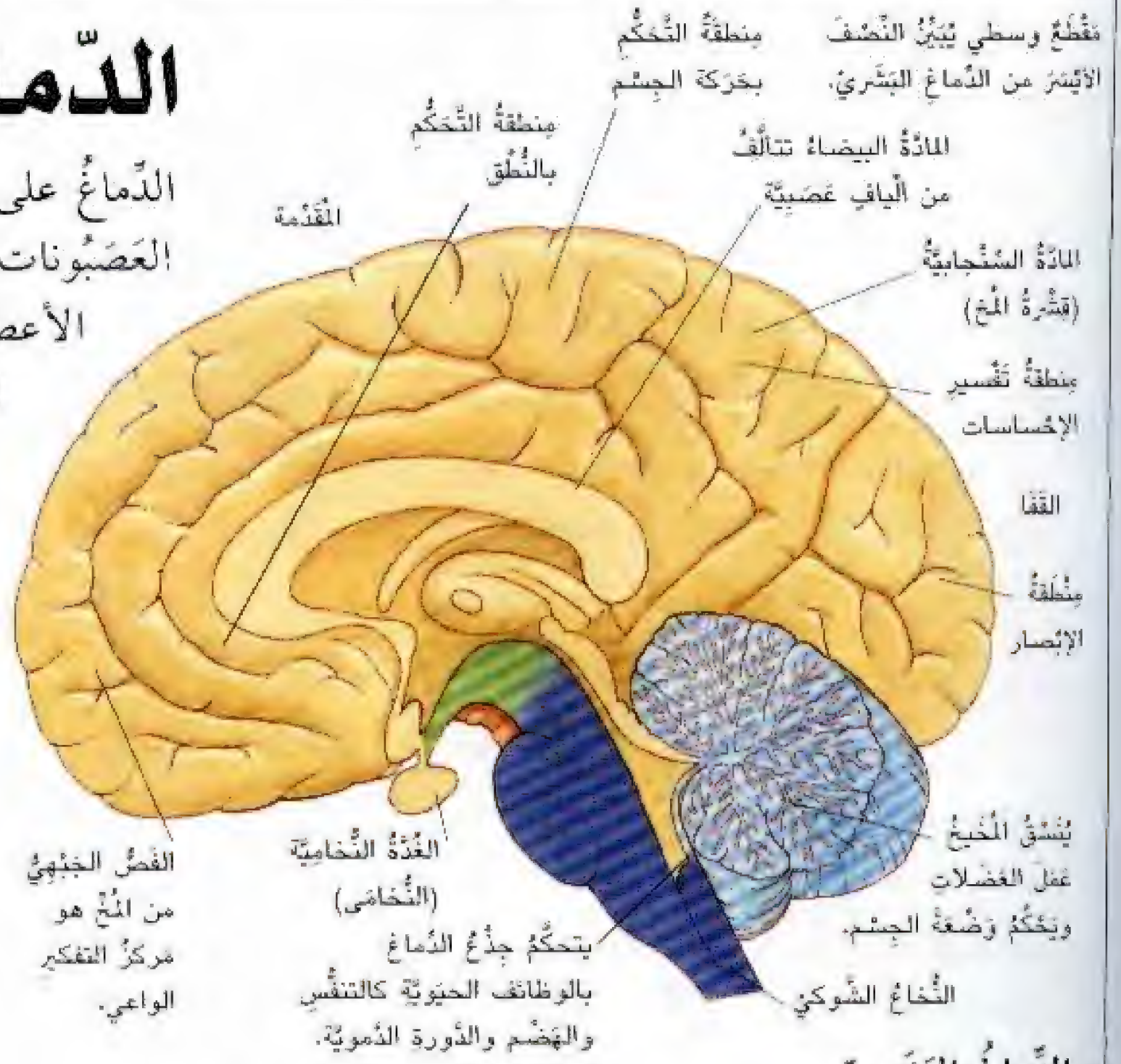


لمزيد من المعلومات انظر
الذيدان ص ٣٢١
المفصليات ص ٣٢٢
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
العضلات ص ٣٥٥
الحواس ص ٣٥٨
الدماغ ص ٣٦١



## الدماغ

الدماغ على اتصال دائم بكل جزء من الجسم. وهو يحوي بلايين العصبونات (الخلايا العصبية) التي يترابط بعضها مع بعض ومع جميع الأعصاب في الجسم. يعرف العلماء الكثير عن العصبونات منفردة، لكن طريقة عمل الدماغ متكاملًا لما تتوضح لهم. وقد بدأ الخبراء حديثًا يستكشفون طرائق التفكير والتذكر. ومن المعروف الآن أن الدماغ البشري ينقسم إلى مناطق منفصلة، بعضها يتحكم بوظائف الجسم العامة، وبعضها يقوم بتنسيق ومساوغة الحركات أو تفهم الكلمات المسموعة. أنت، في اللحظة، تدرك وتعي ما تقوم به؛ لكن أثناء نومك ينغلق دماغك الواعي، فتتابع أجزاء أخرى من الدماغ استمرارية العمليات الحيوية ليقاها.



## الدماغ البشري

ينقسم الدماغ البشري إلى ثلاثة أقسام رئيسية؛ إثنان منها، هما جذع الدماغ والمخيخ، يتحكمان وظائف الجسم الحيوية كالتنفس والهضم والدورة الدموية والوضعة. أما المخ، الأكبر كثيرًا، يشق الأيمن والأيسر فإعالج المعلومات والمعطيات؛ وهو مركز الإدراك والتفكير. يحوي دماغ الإنسان حوالي ١٠٠٠ بليون خلية عصبية عند الولادة؛ ويتضاءل هذا العدد ببطء مع تقدم السن لأن العصبونات تموت ولا يمكن استبدالها.



## دماغ الضفادع

المخ في الضفادع صغير نسبيًا، والمخيخ ضئيل كذلك. لكن جذع الدماغ يؤلف حوالي نصف حجم الدماغ بأكمله. الإحصاء مهم جدًا للضفادع لأنها تقبض فرائسها بالبصر. فالضفادع البصريان، رغم أنهما أصغر مما هما عليه في الطيور، يؤلفان جزءًا رئيسيًا من مجمل الدماغ.



## خلايا الدماغ

خلايا الدماغ يمكن أن تشابك مع أكثر من ٢٠٠,٠٠٠ خلية مجاورة. وإشارات الخلايا المجاورة إما أن تجعل مجموعة من الخلايا ترسل رسالة معينة (كأمر بلع الطعام مثلاً)، أو تمنعها من القيام بذلك (كأخذ نفس أثناء البلع).



## إيفان بافلوف

إشتهر الفسيولوجي الروسي بافلوف (١٨٤٩-١٩٣٦) بدراساته في المنعكسات. وكان عارفًا أن المنعكسات (ردود الفعل التلقائية) متصلة لدى كل الحيوانات. لكنه اكتشف أن منعكسات جديدة يمكن تعلمها بالاشراط. فقد علم الكلاب أن تتوقع الطعام بعد سماع جرس معين. وبعد فترة التدريب صارت الكلاب تروى استجابة لسماع الجرس حتى بغياب الطعام.

## دماغ الأخطبوط

دماغ الأخطبوط من أكبر الأدمغة بين جميع اللافقاريات. ونمط بنيته يختلف تمامًا عن أدمغة الفقاريات باحتوائه عدّة قصوص مترابطة. والأخطبوطات حادّة البصر، والقسم الأكبر من دماغها يعالج الإشارات الواردة من العينين. ولقد أثبتت الاختبارات أن الأخطبوطات حيوانات ذكية، إذ تتدبر أمر الوصول إلى الطعام، حتى ولو تطلب ذلك نزح السداد من قبنة غاطسة.



## الغريزة والتعلم

طيور العرائش الكبير الذكور (كلاميديا نوكوليس) يبني تعريشة راتعة من العيدان ويؤريتها بأشياء زاهية لجذب القرينة. وهو يقوم بهذا العمل المعتقد غريزيًا، دون حاجة إلى تعلمه. فالغريزة نمط من السلوك الطبيعي الوراثي لا يتعلم.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الرخويات ص ٣٢٤
- البرمائيات ص ٣٢٨
- الطيور ص ٣٣٢
- الحواس ص ٣٥٨
- الأعصاب ص ٣٦٠

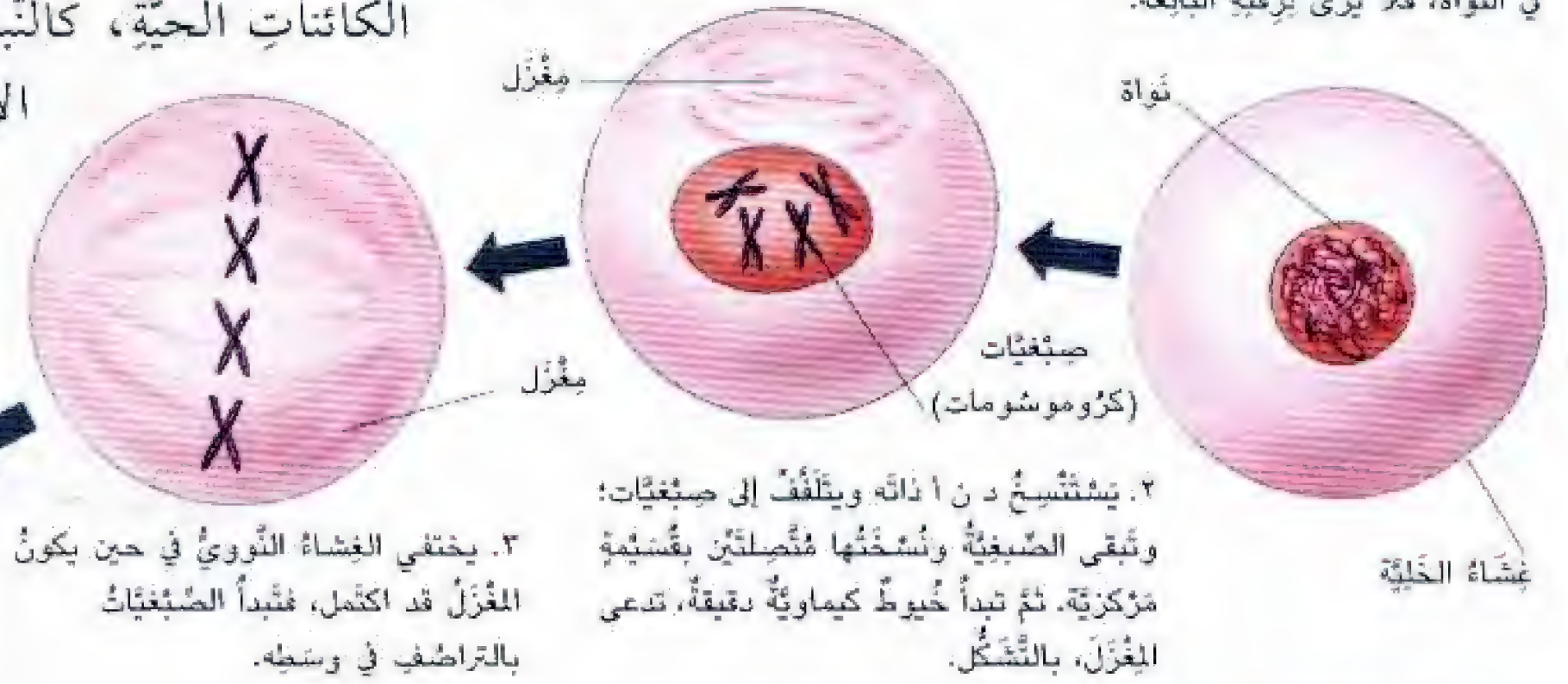
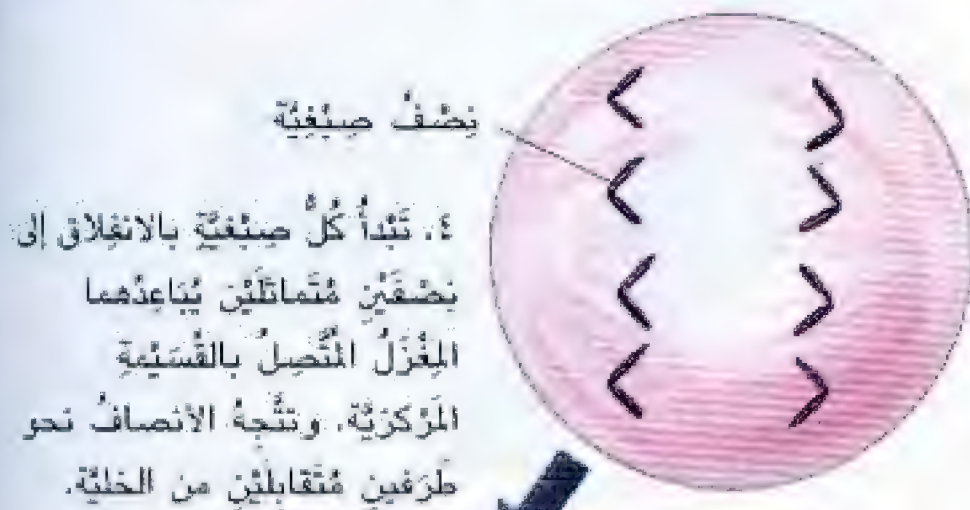


# النمو والتطور

الكائنات الحية في معظمها تنمو وتكبر مع تقدم العمر. ولا يحدث ذلك بتضخم الخلايا، بل بتكاثرها. فعندما تبلغ الخلية حجماً معيناً، تستنسخ ذاتها لتنتج خليتين جديدتين تنشطان بدورهما لاحقاً - وهكذا تتراكم الخلايا وينمو الكائن أو الكائنات؛ ويُعرف هذا بالانقسام الخلوي. بعض الكائنات الحية، كالنبات، لا يتوقف عن النمو طوال حياته بمثل هذا

الانقسام. لكن في معظم الحيوانات بما فيها

الإنسان، تنقسم الخلايا ببطء أكثر متى اتخذ الجسم البالغ شكله النهائي.



## الانقسام الخلوي

قبل انقسام الخلية، ينبغي أن تُضَاعَفَ الخلية صبغياتها (البنى الخيطية حاملة د ن أ). ثم تباعد الصبغيات المضاعفة مكونة نواتين جديدتين - ويُعرف هذا بالانقسام الفتيلي. عند اكتمال انقسام النواة تنقسم الخلية إلى خليتين متماثلتين تماماً؛ ويحدث هذا النوع من الانقسام للتنامي. وهناك انقسام من نوع آخر، يدعى المتصف أو الاختزالي، يسبق التكاثر الجنسي، ولا ينتج خلايا متماثلة تماماً.



## الانقسام أخذ مجراه

في هذه الطبقة الرقيقة من جذر بضلة، يحيط بكل خلية جدار خلوي. والصبغيات في الخلايا الجاري انقسامها ظاهرة بوضوح. أما في الخلايا الأخرى، فانصبغيات مُتَشَرَّة في النواة. خلايا النبات والحيوان تنقسم بطريقة متماثلة، إلا أن خلايا النبات ينبغي لها تخطيط جدار خلوي من السليولوز بعد تكوينها.

## النمو في الشجر

تنمو الشجرة بطريقتين مختلفتين متكاملتين. فتتقسم الخلايا في أطراف الأغصان والجذور ليزيدها طولاً. وفي الوقت نفسه، تنقسم خلايا الكامبيوم (الخلايا تحت اللحاء) فتزيد نخانة الجذع والأغصان.

## البادرات

النمو يتطلب طاقة كبيرة. والبادرة يمكنها التمثل السريع لاحتوائها مخزوناً غذائياً في نسيج برّي يدعى السويداء. كما تحوي أوراق البزرة (الفلقة أو الفلقان) أحياناً مخزوناً غذائياً إضافياً. تتفتح الفلقات في الكثير من البادرات بسرعة لإتاحة المجال للتخليق الضوئي.

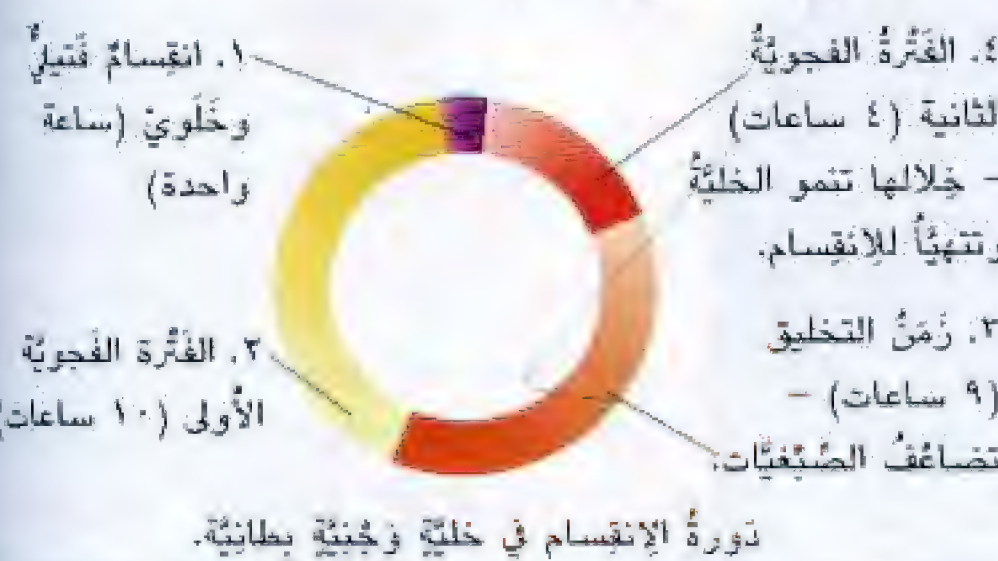
خزونات البزرة من الغذاء يوفر لها طاقة للإنتاش.



مع تماء الشئلة، تسقط أغصانها السفلية تاركة الجذع عارياً. وتزداد نخانة الجذع لكأنه لا يمتدّ سُدّاً. وهكذا يظلّ النّذب في مكان غصن قديم على الارتفاع ذاته.

## الدورة الخلوية

يتقسم الكثير من خلايا جسمك تبعاً لجداول زمنية ثابتة. فالخلية في بطانة الوجنتين، مثلاً، تنقسم مرة كل ٢٤ ساعة تقريباً. وليست الخلايا كلها سريعة الانقسام بهذا الشكل؛ ففي بعض الخلايا يتوقف الانقسام خلال فترة زمنية طويلة. أما في الخلايا العصبية، فيتوقف الانقسام تماماً بعد تكوين الخلايا في الجنين في الرحم.





## النمو والتطور

لا تنقسم خلايا الجسم كلها بالسرعة نفسها. فخلال نموك تزداد سرعة انقسام الكثير من خلايا جسدك، بخاصة في ذراعيك ورجليك، أكثر منها في رأسك. ونتيجة لذلك، يتغير شكل وحجم تراكيب جسمك؛ ويُعرف هذا بالتطور. والنمو والتطور كلاهما تحكمهما الهرمونات - وهي مراسيل كيميائية ينقلها الدم إلى مختلف أجزاء الجسم. بعض هذه الهرمونات يستثير هبة النمو في جسمك بدءاً من عمر ١٢ إلى ١٣ سنة، ثم يوقفه تماماً حوالي الـ ٢١ من العمر.



النمو التطوري البشري

في الطفل الحديث الولادة، الرأس كبير جداً والذراعان والرجلان قصيرتان. في عامه الثاني، تكون ذراعا الطفل ورجلاه قد نما ككثيراً والرجلان الآن تقويان على المشي. في الخامسة من العمر تكون عضلات الذراعين والرجلين قد قويت كثيراً وبمقدور الطفل الآن المشي أو الركض. في العاشرة، الأطراف الآن أطول، وقد تعلم الطفل القيام بالحركات المحكمة الضبط كالكتابة والتقاط الكرة. في الثالثة عشرة، التغيرات الجارية كثيرة في الجسم، وهو ينمو بسرعة شهوياً لمرحلة البلوغ. يكتمل النمو غالباً في سن العشرين؛ فيؤلف الرأس الآن جزءاً أصغر من الجسم. ويُعتبر بزوغ أضراس العقل (النواجذ) أحد معالم انتهاء مرحلة النمو.

## التحول الناقص

يتغير شكل البقّة تدريجياً أثناء النمو. فهي تنفث عديمة الأجنحة والأعضاء التناسلية. وخلال مراحل النمو تسليخ (أي تطرح قشرتها)، ويتغير جسمها قليلاً بعد كل انبلاخ حتى مرحلة البلوغ بعد الانبلاخ الخامس. ويدعى هذا التحول البطيء في شكل الجسم التحول الناقص. والتحول في الصراصير والجنادب والجراد هو من هذا القبيل.



بقّة الوزق في المراحل الثانية والخامسة والنيقاع من التحول الناقص.

داخل الشرنقة، تتحلل معظم خلايا الخادرة النشروعية، وتكون الخلايا الجديدة الفراشة الكاملة.



البسروع مزوّد بفكّز قويّين، أمّا الفراشة فاجزاء فيها أنبوبية وتتناول غذاءها امتصاصاً فقط.

## الانطلاق في الجوّ

يتحول الشكل لهذا، بتغير النمط الحياتي للحيوان نفسه، فيتغير نوع مأكله وتختلف طرائق تحركه. فالبسروع اليرقاني يتغذى بأوراق النباتات ويقتضي كل وقت زاحياً فوقها. لكنه بعد التحول يعدو فراشة تتغذى بالرحيق وتستطيع الطيران بعيداً بحثاً عن نباتات اغذاء جديدة تضع عليها بيوضها لاحقاً إن كانت أنثى.



اليرقانة السلطعونية التالية الضخمة الغنيمة ذات أرجل مكتملة النمو، قنطرة فيها الذيل وتلاشي التنوء الشوكي. وهي تقضي جزءاً من حياتها في قاع البحر.



السرطان البالغ ذو ذيل قصير مملوء تحت جسمه، أرجله قوية جداً لكنه يحتاج تعوّده الرشاقة. وهذا السرطان (كارسينوس ميناس) شاطلي.

## التحول الكامل

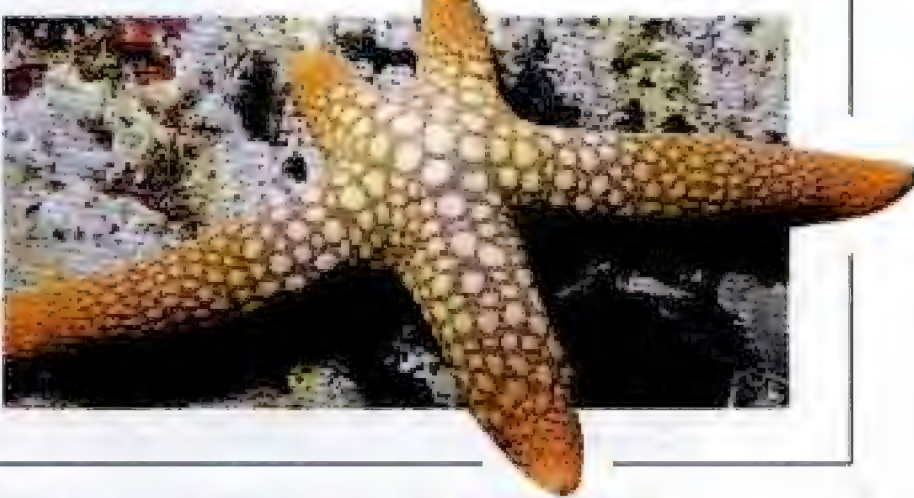
في التحول الكامل يختلف شكل الصغار عن البالغين جذرياً. فالسرطان يبدأ حياته كيرقانة بدائية دقيقة، تنمو مسطحة لمام البحر. وبعد انبلاخ قشرة الجسم عدة مرّات، يتحول إلى يرقانة "ضخمة العينين" تستطيع المشي والسباحة. وأخيراً تطرح ضخمة العينين (ميجالونيا) قشرتها وتعدو سرطاناً صغيراً.



## إنماء الأجزاء المفقودة

إذا جرحت تبدأ خلايا جلدك بالانقسام حتى يتدمل الجرح. هذا النوع من الإنماء يدعى تجديدًا أو تجديدًا. أجسامنا تستطيع تجديد الجلد والعظم فقط، لكن بعض الحيوانات تستطيع تجديد أجزاء بأكملها. كالأرجل أو الذيل، إذا ما فقدت.

يستطيع نجم البحر إنشاء رجل جديدة إذا انقصمت إحداها.



## لمزيد من المعلومات انظر

- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- المفصليات ص ٣٢٢
- نجم البحر والريقات ص ٣٢٥
- الخلايا ص ٣٣٨
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الوزائيات (علم الوراثة) ص ٣٦٤



# الوراثيات (علم الوراثة)



## الصِّبْغِيَّاتُ البَشَرِيَّة

تُبيِّنُ هذه الصُّورَةُ الصِّبْغِيَّاتِ الـ ٤٦ كُلُّهَا الموجودة في خلية بشرية واحدة. لقد جرت معالجة الصِّبْغِيَّاتِ بصنِّعٍ خاصٍّ وَرُتِبَتْ أَزْوَاجًا. (لاحظ صِنْفَيْ إكس و واي في أسفل اليمين من الصورة). لكل نوع من أنواع النبات والحيوان عددٌ صِنْفِيٌّ مُمَيِّزٌ - بعضها يحوي أقل من عشرة صِبْغِيَّاتٍ بينما تحوي أخرى ما يزيد على الألف.

الـ د ن أ مفكوك أثناء تشيخ الزامور. بروتين قيد التجميع

## الاختلافات الطبيعية

هذه النباتات المزهرة قد تبدو متماثلة؛ لكن كل نبتة فيها ذات د ن أ فريد خاص بها، لأنها تكوَّنت بالتكاثر الجنسي. وهذا يَكْسِبُها مجموعة من المُمَيِّزَات. فقد تكون أغرز إزهارًا من بيورها، أو لعلها تُسَخِّرُ طاقة أكثر لإسماء الجذور. هذه الاختلافات الطفيفة مهمة جدًا، لأنها تُعْني أن النوع يتطوَّر (يَتَغَيَّرُ مع الزَّمن). فبعض نُعْثَرَاتِ الد ن أ الأكثر نجاحًا ستصبح جيناتها الأكثر شيوعًا مع تعاقب الأجيال.

## الظفرات

جُزْيُ الد ن أ طويل جدًا وكثيرًا ما يتعرَّضُ للتلَف. وفي العادة، يُصلَحُ هذا التَلَفُ تلقائيًا. أمَّا إذا كان التَلَفُ شامِلًا، فإنه يُؤدِّي إلى تخليق قطعة جديدة دائمة من الرَامُوزِ الِوَراثِيِّ تُدعى ظَفْرَةً. والظفرات التي تُخَدِّثُ في الخلايا الجسدية قَلِيلَةُ الأَثَرِ؛ أمَّا التي تُخَدِّثُ في الأَمْشَاجِ (الأعراس أو الخلايا الجنسية) فيمكن انتقالها من جيل إلى آخر، مُخَلِّفَةً صِفَاتٍ جديدة في الكائنات الحية.

المَهْقُ (الحسنة) ظَفْرَةٌ مألوفة في الحيوانات والنباتات. هذا سنجاب أمهق من السنجاب الخمر.

كُلُّ شَكْلٍ من أشكال الحياة، من الفيل إلى الطحلبية، مُؤَلَّفٌ وَمَحْكُومٌ «بوصفة» كيميائية، تتخذ شكل رَامُوزٍ كيميائي لا تدويني. هذا الرَامُوزُ تحتويه الجُزَيَّاتُ اللُّوَلِيَّةُ لِلْحَامِضِ النَّوَوِيِّ الرَّيْبِيِّ الْمَقْصُوصِ الْأَكْسَجِينِ (د ن أ)، الْمُحْتَشِدَةُ دَاخِلَ الْخَلَايَا فِي جَمِيعِ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّة. وهذا الرَامُوزُ الكِيمَاوِيُّ مُعَقَّدٌ جَدًّا، فَهُوَ يَشْمَلُ فِي الْخَلِيَّةِ الْبَشَرِيَّةِ الْوَاحِدَةِ مِنْ ٥٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ تَعْلِيمَةٍ مُتَفَصِّلَةٍ، تُدعى جِينَاتٍ، كُلٌّ مِنْهَا تَحْكُمُ صِفَةً مُخْتَلِفَةً. الْوَرَاثِيَّاتُ عِلْمٌ يَبْحَثُ فِي سُبُلِ انْتِقَالِ الصِّفَاتِ الْوَرَاثِيَّةِ مِنْ جِيلٍ إِلَى جِيلٍ.

كُلُّ خَلِيَّةٍ جَنْسِيَّةٍ، ذَكَرِيَّةٍ أَوْ أُنْثَوِيَّةٍ، تَحْوِي مَجْمُوعَةً مُفْرَدَةً مِنْ جُزَيَّاتٍ د ن أ - أي إنها تحوي نصف ما تحويه الخلية العادية من الصِّبْغِيَّاتِ.

الخلية المنخصبة (اللاقحة) تحوي مجموعة مزدوجة من جُزَيَّاتٍ د ن أ - أي إنها تحوي المجموعة المزدوجة العادية من الصِّبْغِيَّاتِ.

تترابط القواعد أزواجًا.

يُؤدِّي الرَامُوزُ إِلَى الْخَلِيَّةِ بِتَجْمِيعِ الْبَرُوتِينَاتِ.

يَتَّخِذُ جُزْيُ الد ن أ شَكْلَ لَوَلِبٍ مُزْدَوِجٍ مُتَرَابِطٍ بِكِيمَاوِيَّاتٍ تُدعى قَوَاعِدَ، يُوجَدُ مِنْهَا أَرْبَعَةٌ ضُرُوبٍ. إِنَّ تَسْلُسُلَ هَذِهِ الْقَوَاعِدِ يُؤَلِّفُ الرَامُوزَ الْوَرَاثِيَّ لِلْخَلِيَّةِ.

الـ د ن أ فِي الصِّبْغِيَّةِ مُلْتَفٌّ خَوْلَ ذَاتِهِ، وَيُلَفُّ أَيْضًا كِيمَاوِيَّاتٍ أُخْرَى.

كُلُّ جُزْيٍ مِنْ د ن أ يُؤَلِّفُ بَنِيَّةً خَيْطِيَّةً الشَّكْلِي تُسَمَّى صِبْغِيَّةً. وَهَنَّاكُ شُخْطَانِ مِنْ كُلِّ صِبْغِيَّةٍ - وَاحِدَةٌ مِنَ الْأَبِ وَوَاحِدَةٌ مِنَ الْأُمِّ.

## الصِّبْغِيَّاتُ وَالْجِينَاتُ وَ د ن أ

نَوَاةُ الْخَلِيَّةِ تَحْوِي قِطْعًا مُتَعَدِّدَةً مِنْ د ن أ؛ كُلُّ وَاحِدَةٍ مِنْهَا تُدعى صِبْغِيَّةً أَوْ صِبْغِيَّةً. وَالْجِينَةُ نَظْمٌ وَاحِدٌ مِنَ الصِّبْغِيَّةِ فِيهِ التَّعْلِيمَاتُ الْوَاقِفَةُ لِتَصْنِيعِ بَرُوتِينٍ وَاحِدٍ. يَقُومُ د ن أ بِتَوْجِيهِ التَّعْلِيمَاتِ إِلَى الْخَلِيَّةِ لِتَصْنِيعِ الْبَرُوتِينَاتِ الْمُتَعَدِّدَةِ الْمُخْتَلِفَةِ الَّتِي يَتَقَضَّيها عَمَلُ الْخَلِيَّةِ. وَلِنَحْقِيقِ ذَلِكَ، "يَتَفَنِّحُ زَمَامٌ" جُزْءٌ مِنَ لَوَلِبِ د ن أ مُوقَفًا، لِيُمْكِنَ اسْتِنْسَاحُ رَامُوزِهِ. وَتُنْقَلُ النُّسَخَةُ إِلَى خَارِجِ النَوَاةِ حَيْثُ تُوجَّهُ الْخَلِيَّةُ لِتَصْنِيعِ الْبَرُوتِينِ الْمُعَيَّنِ، الَّذِي قَدْ يَكُونُ أَنْزِيمًا أَوْ كُولَاجِينًا (بَرُوتِينًا جِلْدِيًّا) مَثَلًا.

إزهار البايونج (انيميس كينا)



## الجينات والناس

إِذَا لَمْ تَكُنْ نَوَامًا طَبِيقًا، فَانْتَ فَرِيدٌ فِي تَرَكيبِكَ مِنَ الْجِينَاتِ الَّتِي تَحْكُمُ الصِّفَاتِ الْوَرَاثِيَّةِ فِي جَسْمِكَ، وَالتِّي لَا يُمَاطِلُكَ فِيهَا أَحَدٌ. أحيانًا الجِينَةُ الْوَاحِدَةُ تَحْكُمُ صِفَةً ظَاهِرَةً، كَلَوْنِ الْعَيْنَيْنِ مَثَلًا، لَكِنْ الْغَالِبُ أَنَّ سُلْهَمَ عِدَّةٍ جِينَاتٍ فِي ذَلِكَ. إِنَّ الْكَثِيرَ مِنَ الصِّفَاتِ الْمَوْرُوثَةِ تَبَدَّلُ تَبَعًا لِأَسْلُوبِ وَنَمَطِ الْحَيَاةِ. فَطُورُكَ مَثَلًا، يَتَعَمَّدُ عَلَى نَوْعِيَّةِ غِدَاكَ كَمَا يَتَعَمَّدُ عَلَى جِينَاتِكَ أَضَلًا.

## رُوزَالِنْدُ فَرَانْكَلِين

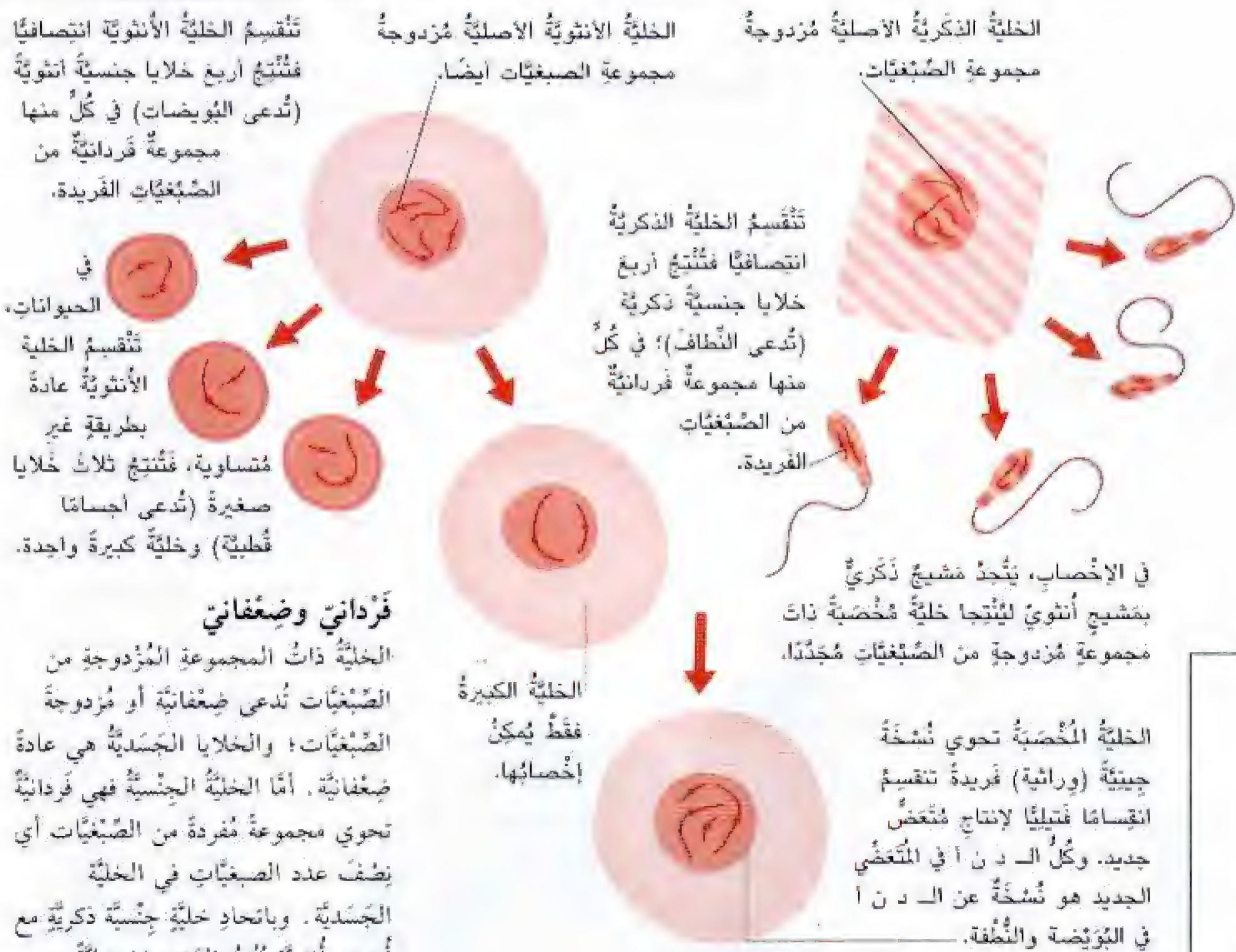
لَمَّ التَّقَدُّمُ الْحَاسِمُ فِي دِرَاسَةِ بَنِيَّةِ د ن أ، عَامَ ١٩٥٣، عَلَى يَدِ الْفِيزِيَاثِيِّ الْحَيَوِيِّ الْبَرِيطَانِيِّ، فَرَنْسِيْسِ كُرْك (الْمَوْلُودِ عَامَ ١٩١٦) وَعَالِمِ الْوَرَاثِيَّاتِ الْأَمْرِيكِيِّ، جِيمْسِ وَاطْسُون (الْمَوْلُودِ عَامَ ١٩٢٨). فَقَدْ تَوَصَّلَا إِلَى اسْتِنْسَاجِ أَنَّ د ن أ ذُو بَنِيَّةٍ لَوَلِيَّةٍ مُزْدَوِجَةٍ بَعْدَ دِرَاسَةِ صُورٍ بِالْأَشِعَّةِ السَّيْنِيَّةِ الَّتِي قَطَّعَتْهَا عَالِمَةُ الْبِلُورَاتِ الْبَرِيطَانِيَّةِ رُوزَالِنْدُ فَرَانْكَلِين (١٩٢٠ - ١٩٥٨)، أَثْنَاءَ دِرَاسَتِهَا لِبِلُورَاتِ د ن أ بِأَشِعَّةٍ إِكْس. وَقَدْ نَالَ كُرْكُ وَوَاطْسُونُ بِالِاشْتِرَاكِ مَعَ مَورِيسِ ويلِكِنْتِر (الْمَوْلُودِ عَامَ ١٩١٦) جَائِزَةَ نُوبَلِ الْفِلْسُوفِيَّةِ (أَوِ الطَّبِّ) عَامَ ١٩٦٢. لَكِنْ فَرَانْكَلِينُ وَاقِفَا الْأَجَلِ قَبْلَ أَنْ يُقَدَّرَ فَضْلُهَا حَقَّ قَدْرِهِ.





## الانتصاف (الانقسام المنصف)

الانتصاف نوع خاص من الانقسام الخلوي ينتج أمشاجاً (خلايا جنسية). وفيه تنقسم الخلية مرتين لينتج أربع خلايا جديدة فردانية الصبغيات، أي إن الواحدة منها تحوي نصف كمية د ن أ، الموجودة في الخلية الأصلية. كما إن كلاً من صبغياتها جديدة فريدة النمط لأن صبغيات الخلية الأصلية تتبادل قطعاً فيما بينها قبل الانقسام مباشرة. وإخلاقاً للانقسام الفتيلي (الانقسام الخلوي العادي) فإن الانقسام المنصف ينتج خلايا ذات تعليمات وراثية جديدة. ويدعى المشيج الأنثوي عادة البويضة (أو البيضة)، والمشيج الذكري النطفة.



### فرداني وضعفاني

الخلية ذات المجموعة المزدوجة من الصبغيات تدعى ضعفانية أو مزدوجة الصبغيات؛ والخلايا الجسدية هي عادة ضعفانية. أما الخلية الجنسية فهي فردانية تحوي مجموعة مفردة من الصبغيات أي نصف عدد الصبغيات في الخلية الجسدية. وباتحاد خلية جنسية ذكرية مع أخرى أنثوية ينتج المشيجان خلية ضعفانية يمكنها التمايز إلى متعض جديد.

الخلية الكبيرة فقط يمكن إخصابها.

القطط الرنجيلية اللون ذكور (س ص أو إكس واي) في الغالب. فجيئة اللون الرنجيلي تحملها صبغي س؛ لكنها كثيراً ما تُحجب بوجود صبغي س آخر، كما في الأنثى (س س).

القطط السلحفائية اللون (المبقعة بالثني والاصفر) إناث دائماً. لأن هذا اللون لا يمكن إنتاجه إلا بواسطة صبغي س؛ والإناث فقط تحمل مجموعة س س.



### الجينات والجنس

في الإنسان والقطط وكثير من الحيوانات الأخرى، هنالك صيغتان مختلفتان للشكل يحددان جنس الفرد، هما صبغي س و ص (إكس و واي). فقد يحوي الحيوان صبغي س فيكون أنثى، أو قد يحوي صبغي س و ص فيكون ذكراً. لكن لا يمكنه أن يحوي صبغي س، لأنه يتلقى دائماً صبغي س من والدته. وبالإضافة إلى الجنس، فهذان الصبغيان يحددان أيضاً بعض الصفات الأخرى. ففي القطط مثلاً يرتبط لون الفرو بالجنس، كما يرتبط عَمَى الألوان بالجنس في البشر.

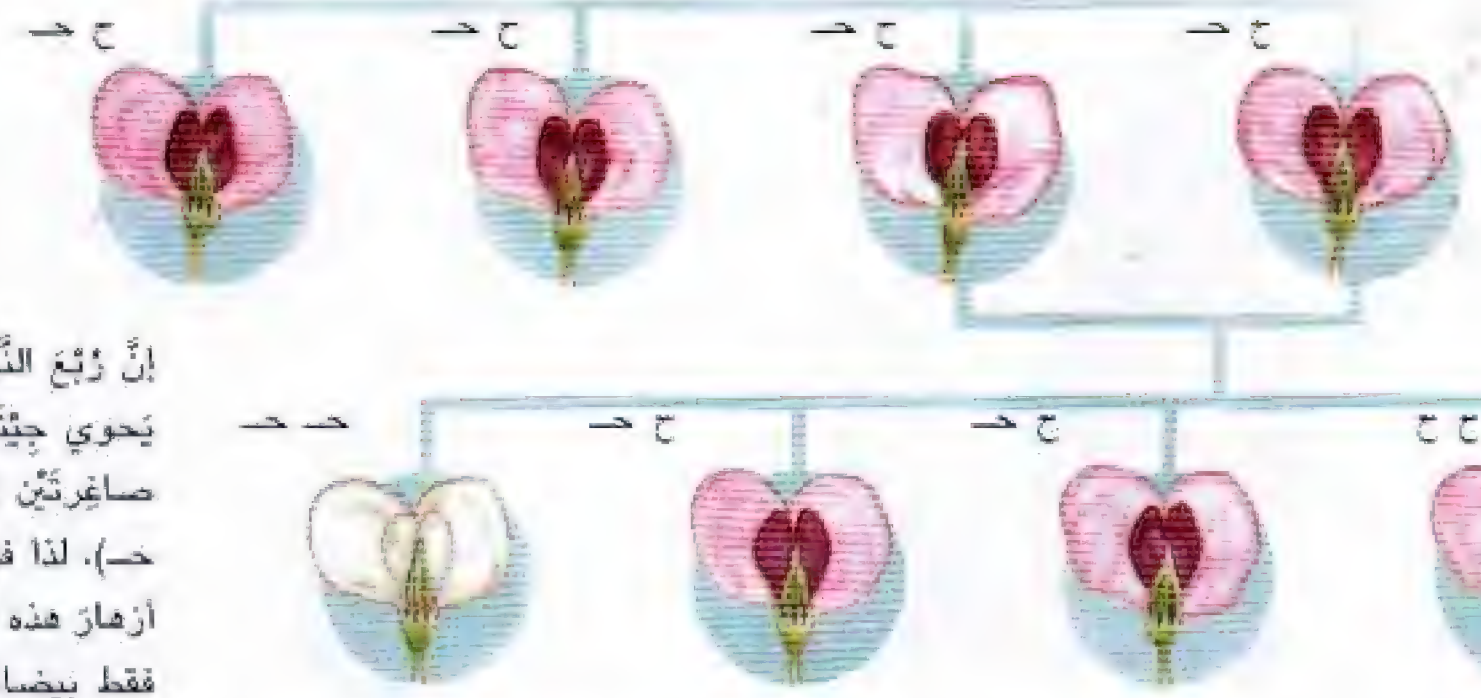
إحدى النباتات الأم تحوي جينتين سادتين (ح ح)، لذا فأزهارها حمراء. والنبات الأم الأخرى تحوي جينتين صاغرتين (ح ص) وأزهارها بيضاء. في العادة، يظهر تأثير الجينات الصاغرة فقط إذا تواجد أثنان منها.



### كيف تنتقل الصفات بالوراثة

الخلايا في معظمها مزدوجة الصبغيات - مجموعة من الوالدين وأخرى من الوالدة؛ فهي ثنائية الجينات أيضاً. في العادة، بين الزوج من الجينات، هناك جينة سائدة - تحجب تأثير شريكها الصاغرة (المتخفية). وتلاحظ في الشكل المرفق كيفية تحكم زوج من الجينات في ألوان أزهار البسلى. فالجينة السائدة (الموسومة ح) تجعل الأزهار حمراء والجينة الصاغرة (الموسومة ص) تجعل الأزهار بيضاء - علماً أن تأثيرات الجينة ح تُحجب، ما لم يتواجد إثنان منها (ح ح).

كل نبتة من السلسل تتلقى جينة واحدة، تخلص بلون الزهرة، من كل من الوالدين. ففي الجيل الأول، هناك جيمعة واحدة ممكنة فقط من الجينات هي: ح ص.



إن ربع النباتات يحوي جينتين صاغرتين (ح ص). لذا فإن أزهار هذه النباتات فقط بيضاء.

في الجيل الثاني، هنالك أربع جيميئات ممكنة من الجينات هي: ح ح، ح ص، ح ص، ص ص.

### لمزيد من المعلومات انظر

- آلية التطور ص ٣٠٩
- الخلايا ص ٣٢٨
- النمو والتطور ص ٣٦٢
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- التناسل البشري ص ٣٦٨



# التكاثر اللاجنسي

## تبرعم الخمائر

الخمائر فطرٌ مجهريٌّ وجيدة الخلية، تتكاثر لاجنسيًا بالبرعمة من خلاياها. وفي الظروف المواتية تتكرر عملية التبرعم من خلية الفطرة كل ساعتين. أحيانًا تبدأ الخلايا الوليدة بالتبرعم قبل انفصالها بالكامل عن الخلايا الأم فتكون سلسلة متفرعة.



مرحلة (يوليبي) غدائية صغيرة لا تزال مُلتصقة بالهَيُورِ الأم، المرحلة الجديدة تتفصل في النهاية لتعيش مُستقلة. والغدائية المبتنة هنا هي من نوع الهيدرا الشائعة.



## توالد في حُط إنتاجي

في الربيع والصيف كثيرًا ما تكون إناث الأزق مُحاطة بعشرات من الصغار - إذ إنها تُنتج صغارًا بالتناسل الغدري (بدون تزاوج)؛ والصغار بدورها تتكاثر بسرعة فائقة. وهذا يعني تواجد فِض من الأزق بوجود وفرة من الغذاء. ومع تضاؤل مورد الغذاء لاحقًا، تأخذ الصغار بالتناسل جنسيًا.



## اقتسال النباتات

المزارعون لا يُزرعون الموز بوزر - بل يعتمد المزارع إلى اقتسال العساليح الجديدة وينغمسها. وفي مثل هذا التكثير الخضري، تحمل النبات الصفات الوراثية نفسها. فإذا أصاب إحداها مرض، فقد يصيب الآخر أيضًا. وانعدام التنوع هذا هو مشكلة أساسية في التكاثر اللاجنسي.



بصلة  
نرجس  
وبصلة  
وليدة

## النسائل

في العادة، يتناسل شقيق البحر جنسيًا بإطلاق البويضات في الماء؛ لكنه يستطيع التكاثر أيضًا باقتطاع أجزاء من جسده أو بالانفلاق تمزقًا إلى شظرين. وبعض أنواعه تُركّز على هذا النمط من التكاثر، فتنتشر فوق الصخور، مكونة مجموعة من الحيوانات المتشابهة تمامًا والمتطابقة الجينات. ويمثل هذه المجموعات تسمى نسائل (ج. نسيلة).



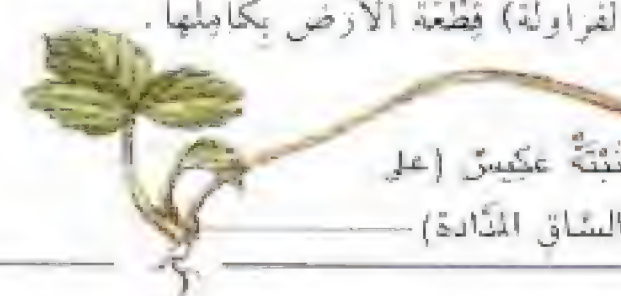
الحيوانان الجديدان طَبَقان جنسيًا  
للوالد - شقيق البحر الأصلي.



يُمزق شقيق البحر نفسه تدريجيًا بينما يزحف الشطران باتجاهين مختلفين.

## الانتشار بالأرآء (السوق المدادة)

يتكاثر العديد من النباتات بطريقتين مختلفتين في الوقت نفسه. فالفريز (فوت الأرض) مثلاً يحمل أزهارًا تُنتج بوزرها بالتكاثر الجنسي. كما إنها تُمدد سوقًا أفقية تدعى أرآءًا (ج. رُند) تكون نباتات جديدة بالتكاثر اللاجنسي. فكل ساق راحفة تثبت عُضْبَات عكسية تتجذر تدريجيًا لتصبح نباتات جديدة. فإذا تُركت مسكبة من فوت الأرض وشأنها، فسرعان ما تُغطي شتلات الفريز (الفراولة) قطعة الأرض بكاملها.



نبتة عكيس (عل)  
الساق المدادة



نبتة الفريز  
(الفراولة)  
الأم

## لمزيد من المعلومات انظر

المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤  
النمو والتطور ص ٣٦٢  
حقائق ومعلومات ص ٤٢٢



# التناسل الجنسي

عُطاسان مُتَوَاجِهَانِ  
(يُوديسبيس كريسثاتوس)



## اجتذاب القرين والتزاوج

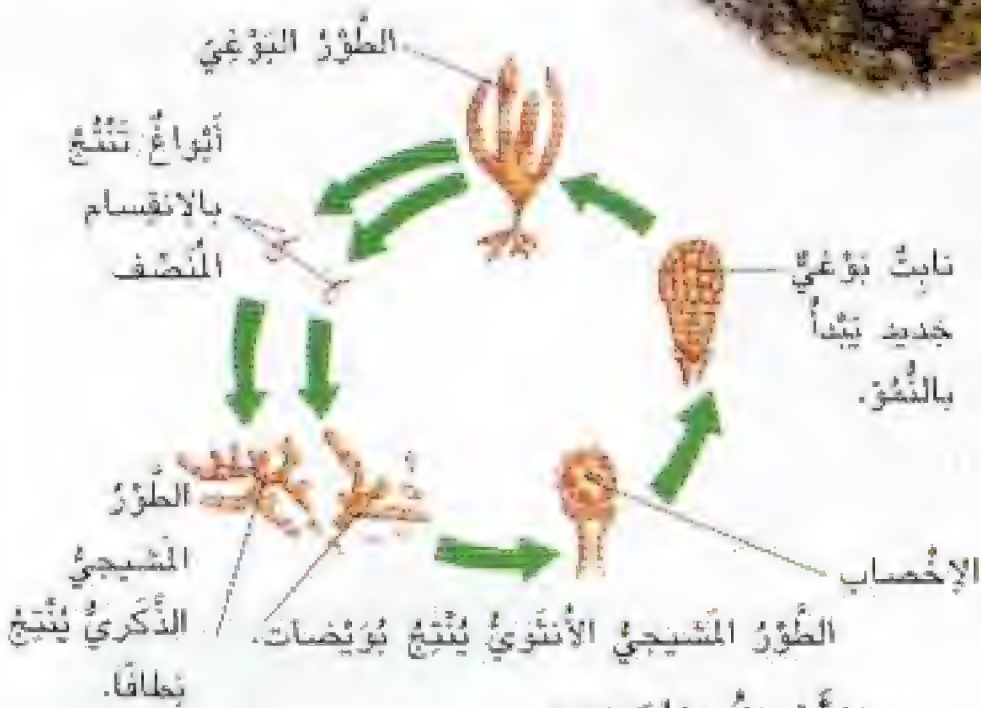
قَبْلَ التَّزَاوُجِ، تَقْرَأُ الْعُطَّاسَاتُ الْمُتَوَجِّهَةُ  
بِسِلْبَةٍ مِنْ رَقَصَاتِ التَّوَدُّدِ الْمُعَقَّدَةِ  
لِاجْتِذَاكِ الْقَرِينِ، وَهَذَا النُّوعُ مِنَ السُّلُوكِ  
شَائِعٌ بَيْنَ الْعَدِيدِ مِنَ الْحَيَوَانَاتِ، فَهُوَ  
يُسَاعِدُ كُلَّ الشَّرِيكِينِ عَلَى التَّائِبِ وَضْمَانِ  
اخْتِيَارِ الْقَرِينِ السَّلِيمِ، قَبْلَ التَّزَاوُجِ.

تَزَاوُجٌ بَيْنَ أَفْغَوَانِي جَبَلِ  
كَاليفورنيا الْمَلِكِيِّينَ  
(الْمُيُودِيسْبِيسُ رُونَانَا)

فِي التَّنَاسُلِ الْجِنْسِيِّ هُنَاكَ دَائِمًا وَالدَّانِ يُنتِجُ كُلُّ مِنْهُمَا أَمْشَاجًا (خَلَايَا جِنْسِيَّةً) بِهَا  
نِصْفُ الْعَدَدِ مِنَ الصَّبْغِيَّاتِ بِالْإِنْقِسَامِ الْمُنْصَفِ. وَيُصْبِحُ الْعَدَدُ كَامِلًا عِنْدَمَا يَتَّحِدُ  
الْمَشِيحُ الذَّكَرِيُّ (النُّطْقَةُ) بِالْمَشِيحِ الْأُنْثَوِيِّ (الْبَيْضَةُ) لِتَكْوِينِ اللَّاقِحَةِ (الزَّيْجُوتِ) -  
فِي مَا يُعْرَفُ بِالْإِخْصَابِ. وَمِنَ اللَّاقِحَةِ (الْخَلِيَّةُ الْمُخْصَبَةُ) يَنْمُو مُنْعَصٌ جَدِيدٌ كَامِلٌ.  
التَّنَاسُلُ الْجِنْسِيُّ أَكْثَرُ تَعْقِيدًا مِنَ التَّكَاثُرِ اللَّاجِنْسِيِّ، لَكِنَّهُ يَتَمَيَّزُ بِأَفْضَلِيَّةٍ مُهِمَّةٍ. فَالْوَلِيدُ  
الْمُنْتِجُ جِنْسِيًّا فَرِيدٌ فِي خَصَائِصِهِ بَدَلِ أَنْ يَكُونَ مِثْلًا طَبِيقًا لِأَحَدِ الْوَالِدَيْنِ. فَأَفْرَادُ هَذَا  
النَّسْلِ ذَوُو جَمِيعَاتٍ فَرِيدَةٍ مِنَ الْجِنِّيَّاتِ تَحْمِلُ مَزِيَجَاتٍ كَامِلَةً جَدِيدَةً مِنَ الصِّفَاتِ  
الْوَرِاثِيَّةِ. وَهَذَا يَعْنِي أَنْ بَعْضًا مِنْهَا قَدْ يَكُونُ أَكْثَرُ مُلَاعَمَةً لِلْبَيْئَةِ  
وَأَفْضَلُ تَهَيُّنًا لِصِرَاعِ الْبَقَاءِ.

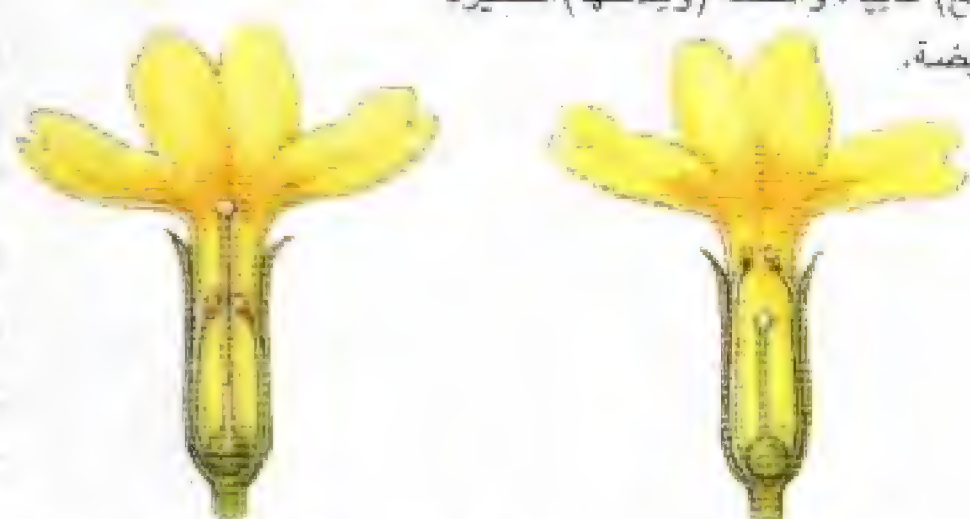
## الإخصاب الخارجي

فِي بَعْضِ الْحَيَوَانَاتِ، يَتِمُّ اتِّحَادُ الْبَيُوضِ  
بِالنُّطَافِ خَارِجَ جِسْمِ الْأُنْثَى، لَكِنْ لَا  
يَدُ مِنْ اجْتِمَاعِ الْقَرِينَيْنِ. فَأَبُو سُوَكَةِ  
الذَّكَرِ (جَاسْتَرُوسْتِيُوسُ أَكِيُولَيْبِسُ)  
يُعِدُّ عُشًّا نَضْعَ فِيهِ الْأُنْثَى يَبْوِضُهَا.  
ثُمَّ يُصِيفُ الذَّكَرُ نِطَاقَهُ إِلَيْهَا. إِنَّ  
مُعْظَمَ الْحَيَوَانَاتِ ذَاتِ الْإِخْصَابِ  
الْخَارِجِيِّ تُنْتِجُ قِيَصًا مِنَ الْبَيُوضِ  
لِيَصْمَانَ أَنْ يَتِمَّ إِخْصَابُ عَدَدٍ وَافِرٍ مِنْهَا.



## الأجيال المتعاقبة

فِي بَعْضِ دَوَرَاتِ النَّبَاتِ الْحَيَاتِيَّةِ هُنَاكَ جِيلَانِ مُخْتَلِفَانِ  
لِلنَّبْتَةِ. فَبِالطَّحَالِبِ النَّبْتُ لَا يَبْنِيزُ، يُنْتِجُ الْجِيلُ  
"الْبَالِغُ" (وَيُدْعَى النَّابِتُ الْبُوْعِيُّ) الْأَبْوَاغَ بِالْإِنْقِسَامِ  
الْمُنْصَفِ فَتَنْتَشِرُ هَذِهِ نَبَاتَاتٌ ذَكَرِيَّةٌ وَأُنْثَوِيَّةٌ تُؤَلَّفُ الْجِيلُ  
الْمَشِيحِيُّ الَّذِي يُنْتِجُ الْأَمْشَاجَ (الْخَلَايَا الْجِنْسِيَّةَ). وَهَذِهِ  
النُّطَافُ وَالْبَيُوضُ تَتَلَقَّى فِي الْمَاءِ لِإِنْتِاجِ لَاقِحَةٍ تَنْمُو إِلَى  
نَابِتٍ بُوْعِيٍّ (الْجِيلِ الْبُوْعِيِّ)؛ وَهَكَذَا تَبْدَأُ الدَّوْرَةُ مِنْ  
جَدِيدٍ، وَتَتَعَاقَبُ الْأَجْيَالُ.



فِي أَزْهَارِ الرَّبِيعِ "الدَّيُوسِيَّةِ"، السَّمْعَةُ  
وَمِذْقَتُهَا (عَضْوُ النَّانِثِ) طَوِيلَةٌ عَالِيَةٌ  
وَالْأَسْدِيَّةُ قَصِيرَةٌ خَفِيفَةٌ.

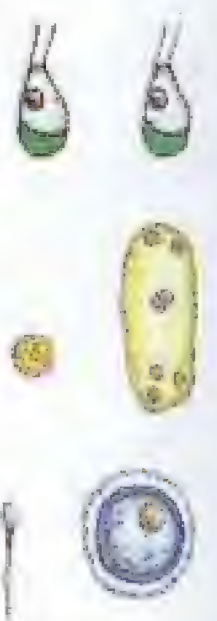
## تحقيق الإخصاب

### التَّهْجِينِي

يَحْمِلُ الْكَثِيرُ مِنَ النَّبَاتَاتِ كَلًّا الْأَعْضَاءِ الذَّكَرِيَّةِ وَالْأُنْثَوِيَّةِ فِي أَزْهَارِهَا.  
فَيَمْكِنُهَا أحيانًا إِخْصَابَ نَفْسِهَا؛ لَكِنَّهَا فِي الْغَالِبِ مُهَابِئَةٌ وَضَعِيًّا لِتَحْقِيقِ  
الْإِخْصَابِ التَّهْجِينِيِّ (أَيِ الْإِخْصَابِ بِخَلَايَا جِنْسِيَّةٍ مِنْ نَبْتَةٍ أُخْرَى مِنْ  
النُّوعِ نَفْسِهِ). وَالْإِخْصَابُ التَّهْجِينِيُّ أَكْثَرُ نَفْعًا لِأَنَّهُ يَجْعَلُ النَّسْلَ أَكْثَرَ  
تَغَايُرًا. فَأَزْهَارُ الرَّبِيعِ (يَرْمِيُولَا فُلْجَارِسُ) ذَاتُ صَرْتَيْنِ مِنَ الْأَزْهَارِ، لَا  
تَحْمِلُ النَّبْتَ الْوَاحِدَةَ إِلَّا صَرْتًا وَاحِدًا مِنْهُمَا. وَالْخَلَايَا الْجِنْسِيَّةُ فِي كُلِّ  
تَخْتَلِفُ وَضْعًا وَتَتَفَاوَتْ نُسْجًا بِحَيْثُ تُكْتَلِّفُ التَّأْيِيرَ الْمُخْتَلِطَ فَقَطْ.

## الخلايا الجنسية

الْخَلَايَا الْجِنْسِيَّةُ (الْأَمْشَاجُ أَوْ الْأَعْرَاسُ) تَحْوِي  
نِصْفَ كَمِّيَّةِ الْمَادَّةِ الْوَرِاثِيَّةِ فِي الْخَلَايَا الْعَادِيَّةِ. وَهِيَ  
مُهَابِئَةٌ خَصِيصًا لِتَحْقِيقِ الْإِتِّحَادِ فِيهَا بَيْنَهَا. فِي بَعْضِ  
النَّبَاتَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ الْخَلَايَا الْجِنْسِيَّةُ مُتَمَاثِلَةٌ  
الْحَجْمُ؛ لَكِنْ الْخَلِيَّةُ الْجِنْسِيَّةُ الْأُنْثَوِيَّةُ، فِي الْغَالِبِ،  
أَكْبَرُ بِكَثِيرٍ مِنَ الْخَلِيَّةِ الذَّكَرِيَّةِ. وَالْخَلَايَا الْجِنْسِيَّةُ  
الْأُنْثَوِيَّةُ (الْبَيُوضُ أَوْ الْبَيْضَاتُ) تَسْقُفُ فِي مَوْعٍ  
وَاحِدٍ، فِيمَا الْخَلَايَا الْجِنْسِيَّةُ الذَّكَرِيَّةُ (النُّطَافُ)  
تَسْبُحُ فِي أَتْجَاهِهَا.



الْخَلَايَا الْجِنْسِيَّةُ الذَّكَرِيَّةُ وَالْأُنْثَوِيَّةُ  
مُتَمَاثِلَةٌ فِي حَسْرِ الْبَحْرِ (أَوَّلًا لَا تُكْتَوَا).

فِي النَّبَاتَاتِ الزُّهْرِيَّةِ تُوجَدُ عِدَّةُ خَلَايَا  
جِنْسِيَّةٍ أَنْثَوِيَّةٍ فِي كَيْسٍ جَنْبِيٍّ. أَمَّا الْخَلَايَا  
الذَّكَرِيَّةُ فَتُوجَدُ فِي حُبُوبِ اللَّقَاحِ.

فِي مُعْظَمِ الْحَيَوَانَاتِ، الْبَيُوضَةُ  
أَكْبَرُ مِنَ النُّطْقَةِ بِكَثِيرٍ.

## لمزيد من المعلومات انظر

- الزُّهْرِيَّاتُ ص ٣١٦
- النَّبَاتَاتُ الزُّهْرِيَّةُ ص ٣١٨
- الْأَسْمَاكُ ص ٣٢٦
- الزُّوْاجِفُ ص ٣٣٠
- الطُّيُورُ ص ٣٣٢
- الْخَلَايَا ص ٣٣٨
- الْوَرِاثِيَّاتُ (عِلْمُ الْوَرِاثَةِ) ص ٣٦٤
- التَّنَاسُلُ الْبَشَرِيُّ ص ٣٦٨
- خَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٢



# التناسل البشري

أنت، ككل كائن بشري في هذه المعمورة، بدأت حياتك كخلية مُحَصَّية (زيجوت) تكونت من اتحاد نطفة من نطاف والدك (خلايا الجنس) ببويضة (بويضة) في أنبوب متّصل برّحم أمك - يدعى أنبوب فالوب. ثم بدأ تغير الخلية المُحَصَّية مباشرة، فأخذت تنقسم فتيلًا، ثم استقرت في بطانة الرّحم - حيث تابعت انقساماتها الخلوية مرارًا وتكرارًا مُغذية من دم والدتك، بينما جسمك يتشكّل ببطء. وبعد تسعة أشهر من الحمل في دُفء رّحم أمك وظلمته، أصبحت جاهزًا لأن تولد.

بعد الولادة يُفَرِّد  
ثدي الأم اللبن  
(الحليب) لتغذية  
الوليد.

البويضات يُخزنان  
البويضات،  
ويُطلقان  
المُزْمونات  
للتحكم في دورة  
المراة التناسلية.

تدور المُزْمونات  
الجينية في الدم،  
فتهايم جسم المراة  
لتدبر شؤون الجنين  
النامي.



## الأعضاء التناسلية في الأنثى

بويضات المراة تُخزن في البويضات،  
وهما، بدءًا من عُمر يُقارب ١٣ سنة،  
يُطلقان مداورة بويضة واحدة كل ٢٨ يومًا.

تشكّل البويضة الآن كرة  
مُجوّفة من الخلايا؛ تُقبّع في  
بطانة الرّحم وتنمو تدريجيًا  
إلى مُضغّة ثم إلى جنين.

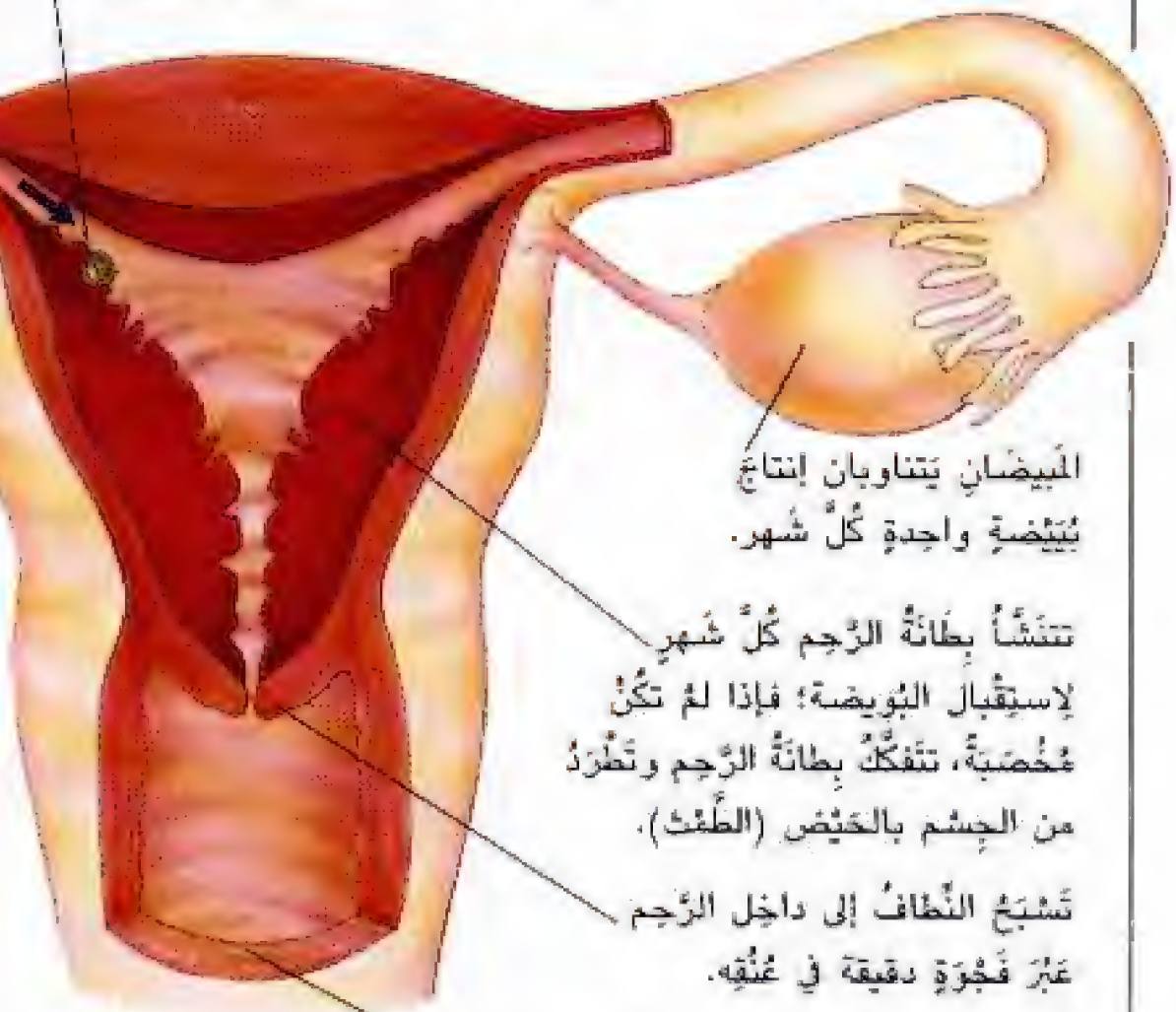


الموثة (غُدّة  
البروستات)  
خُصيّة  
القُصيب  
تبدأ البويضة المُحَصَّية  
انقسامًا فتيلًا سريعًا.  
تُخصّب البويضة بنطفة  
ساحبة صُغْدًا في  
أنبوب فالوب.

تساق البويضة عبر  
البوق وتنتقل على  
طول أنبوب فالوب.  
كل حوالى  
٢٨ يومًا، تُطلق بويضة يانعة  
(ناضجة) من قُفاعة مبيضية  
تُدعى الجُريب.  
الخُرَيْب الفارع يُنتج مُزْمونات  
يُهايم بطن الرّحم لاستقبال  
البويضة.

## الرّحم

الرّحم عضو يُغذي الجنين ويؤويه. وتنمو بطنه  
الرّحم لِتُغذي البويضة المُحَصَّية أولًا، ثم المُضغّة،  
وتاليًا الجنين. والرّحم نفسه عضليّة جدًا - ففيها  
أقوى عضلات الجسم البشري. وهذه تدفع  
الطفل في المخاض بمساعدة عضلات أخرى في  
بطن الأم وصدرها.



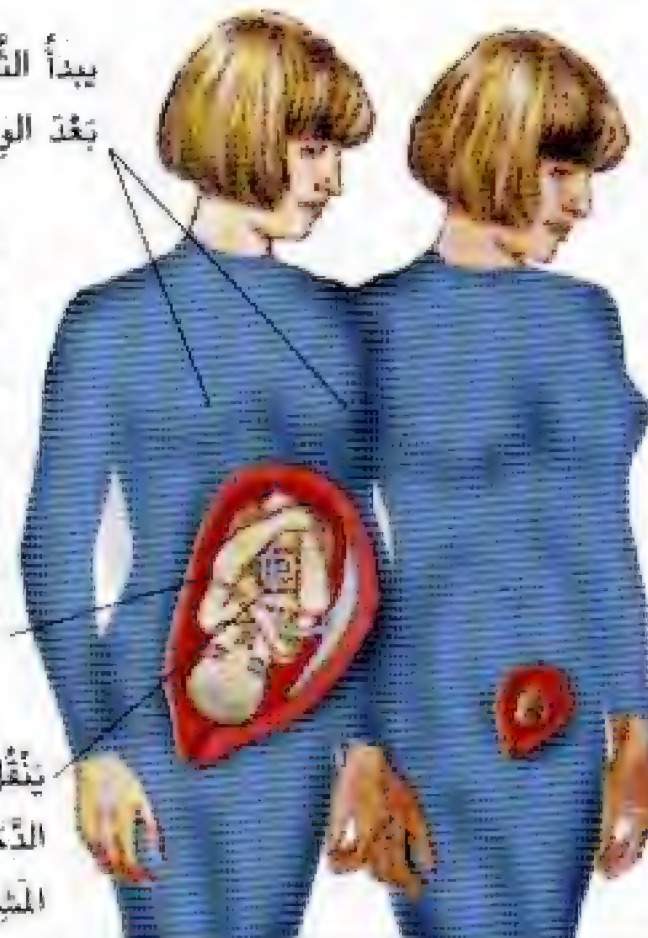
البويضات يتناوبان إنتاج  
بويضة واحدة كل شهر.

تنشأ بطنه الرّحم كل شهر  
لإستقبال البويضة؛ فإذا لم تكن  
مُحَصَّية، تنفك بطنه الرّحم وتطرّد  
من الجسم بالحيض (الطمث).  
تسحب النطاف إلى داخل الرّحم  
عبر قُفوة دقيقة في عنقه.

يضمّ المهبل القُصيب أثناء الجماع بحيث تُغذّف  
النطاف أقرب ما يُمكن إلى البويضة. والمهبل أيضًا  
هو القناة التي يُمرّ الطفل عبرها عند الولادة.

## التغيرات أثناء الحمل

يشغل الجنين المُنامي باوى الأمر  
خيرًا صغيرًا داخل الرّحم؛ لكنه في  
شهره التاسع يملأ الرّحم بكاملها  
- ضاعطًا معدة الأم وحجابها  
الحاجز. ويتكيف جسد الأم مع  
هذه التغيرات، فيضخ قلبها مزيدًا  
من الدم لِتغذية الجنين النامي؛  
وهي تتناول كميات أكثر من الطعام  
لتوفير غذائه. ويزايد حجم الثديين  
استعدادًا لإرضاع الطفل بعد  
الولادة. كما تُعدّ الأم نفسها ذهنيًا  
لاستقبال الطفل الجديد.



يبدأ الثديان دُر اللبن (الحليب)  
بعد الولادة بوقت قصير.

قُبيل الولادة،  
الجنين في الغالب  
مقلوب رأسًا على  
عقب، والذراعان  
والرجلان  
مُضمّعة قُرب  
الجسم.

ينقل الحبل السُري  
الدم من الجنين إلى  
المشيمة.

## الإرضاع

يُعْتدي مُعظم صغار اللبونات  
باللبن من أئداء أمهاتها.  
يُحوي لبن الأم مزيدًا من  
المُغذيات سهل الهضم  
وكامل التوازن والسلاسة  
لتغذية الطفل - إضافة إلى أنه  
مُتاح بسهولة ويُسر.

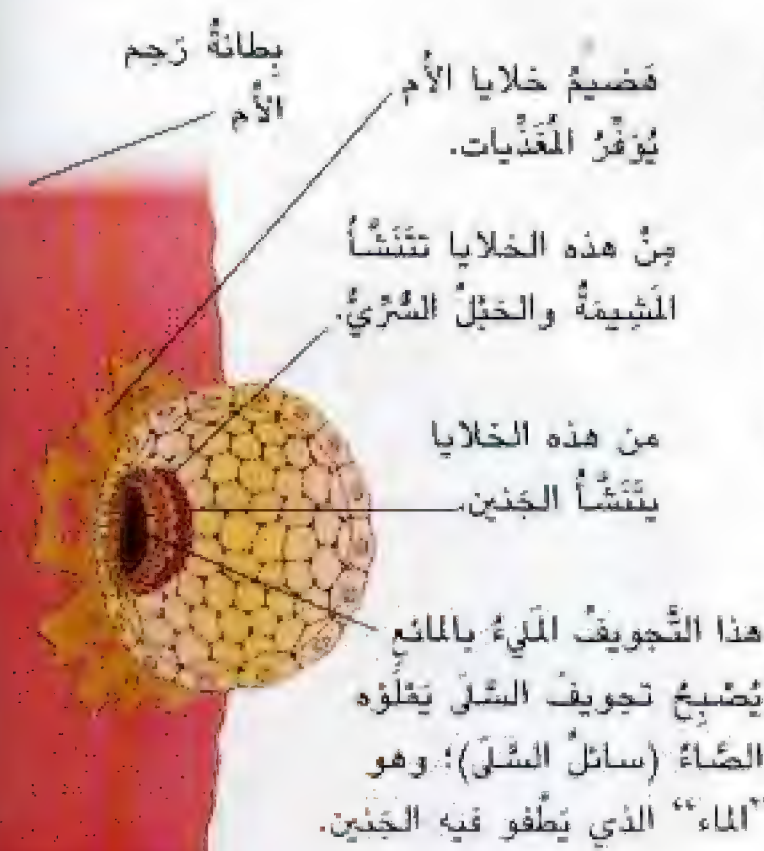
منذ بدايات مرحلة  
البُلوغ، تُحدث  
المُزْمونات الجنسية  
تغيرات في جسم  
الذكر. فيكتول نمو  
الأعضاء التناسلية،  
ويبدأ شعْر الوجه  
بالظهور.



تولد الأنثى بعددٍ  
شعْر من البويضات،  
لكن الرجل يُنتج دُفعة  
نطافًا جديدة.

## الأعضاء التناسلية في الذكر

تُنتج الخلايا الجنسية  
الذكرية، أو النطاف في الخصيتين.  
وخلال الجماع تُنتج النطاف بِسائل من  
غُدّة البروستات تسبح فيه، فيمكنها  
الوصول إلى البويضة داخل رّحم المراة.



بطانة رّحم  
الأم  
قُصيم خلايا الأم  
يُفرز المُغذيات.  
من هذه الخلايا تنشأ  
المشيمة والحبل السُري.  
من هذه الخلايا  
ينشأ الجنين.  
هذا التجويف المليء بالسائل  
يُصبح تجويف السُل يملؤه  
السائل (سائل السُل)؛ وهو  
"الماء" الذي يطفو فيه الجنين.

## الانغراس

عندما تستقر البويضة المُحَصَّية على جدار الرّحم  
تبدأ بتفكيك بعض خلايا الأم، وتُعْتدي بها  
بدايةً. وهي تاليًا تُخصل على الأكسجين  
والمُغذيات من دم الأم عبر عضو إسفنجي الشَّجِ  
يُدعى المشيمة (السُّخْد). ويصل المشيمة بالجنين  
حبل طويل يُدعى الحبل السُري؛ وهو يضمّ أوعية  
دُموية تُحمل إلى الجنين المُغذيات والأكسجين  
وتُخلصه من الفضلات. وتنتج المشيمة أيضًا  
مُزْمونات خلال فترة الحمل.

## لمزيد من المعلومات انظر

- اللبونات ص ٣٣٤
- الرئيسات ص ٣٣٦
- النمو والتطور ص ٣٦٢
- الوراثة (علم الوراثة) ص ٣٦٤
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧



# البيئات

البيئة هي مجمل الظروف الطبيعية الخارجية والبيولوجية التي تعيش فيها الكائنات الحية، والبيئات علم يدرس هذه الكائنات في بيئاتها الطبيعية مجملًا وتفصيلًا. فدراسة بيئة الحيوان يتسنى لعلماء البيئة تفهم دواعي تصرف الحيوان على نحو معين. لكن البيئات لا تزال علمًا «جديدًا» والعالم الطبيعي بالغ التعقيد. والبيثون على دراية بوجود المشاكل، لكنهم لا يدركون بشكل جازم مقدار خطورتها ولا كيفية معالجتها.

الطقس أحد عوامل بيئة الأرنب؛ وعلى الأرنب العيش في الظروف المختلفة لهذه البيئة. فهو بحاجة إلى هواء نظيف للتنفس وإلى ماء نقي للشرب.

حيوانات تتطفل خارجيًا على فروة الأرنب كالبراغيث أو متعضيات تتطفل عليه داخليًا كالليكتريا.

حيوانات تقترب من الأرنب كالتعالب والقائم (من ضروب بنات عرس).

## بيئة الأرنب

الظروف التي يعيش فيها الحيوان، وأنواع الحيوانات والنباتات التي تستوطن منطقتها، تؤثر كلها في حياته الخاصة. لذلك، عندما يدرس البيثون بيئة حيوان كالأرنب فإنهم يدرسون كل شيء حي أو غير حي ذي علاقة بها. وهذا يشمل الحيوانات الضارية التي تقتضه والطعام الذي يعتدي به والأرانب الأخرى، والطقس والهواء والتربة في تلك البيئة.

نباتات يقتات بها الأرنب كالغشيب والهندباء البرية والبرسيم.

التربة التي تحفر فيها الأرانب جحورًا تلجأ إليها من عوامل الطقس والضواري، وتحتمي فيها صغارها.

حيوانات أخرى تعيش في الموقع نفسه كديدان التربة.

## البيئة البشرية

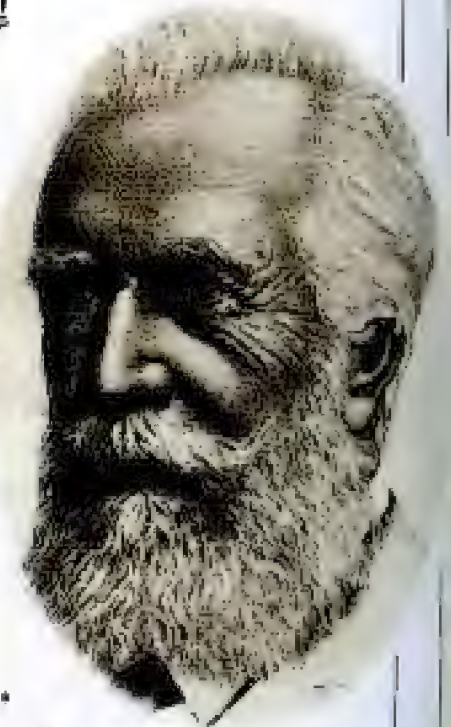
الإنسان، بخلاف سائر الحيوانات الأخرى، قادر على تغيير بيئته لتلائم مع نمط عيشه؛ وقد يلجأ ذلك ضررًا بالنباتات والحيوانات الأخرى فيها. البيئات البشرية علم يبحث في كيفية تغيير البشر لبيئتهم، ومدى تأثير هذه التغييرات في البشر أنفسهم.

## تجميع الحقائق والأرقام

المعلومات التي يحتاج البيثون إلى تجميعها تنطوي على الكثير من الإحصاء والوزن والقياس - على اليابسة وتحت الماء. أحيانًا تُعدّدي الحواسيب بهذه الأرقام لإحساب ما يمكن أن تحدثه تغييرات معينة في منطقة ما. ومن ثمّ يقدم البيثون إرشادات إلى الناس حول أفضل السبل لمعالجة بيئتهم.

## إرنست هيكل

كان البيولوجي الألماني، إرنست هيكل (١٨٣٤-١٩١٩) أول من استخدم كلمة إيكولوجية (البيئات) عام ١٨٦٩. وعرفها بأنها «دراسة الاقتصاد البشري الأسري للمتعاضيات الحيوانية». كان هيكل من مؤيدي نظرية دارون للتطور بالانتخاب الطبيعي. وظلت أفكاره عن البيئات منسبة حتى حوالي العام ١٩٠٠ حين بدأ البيولوجيون يدرسونها بجديّة.





# الغلاف الحيوي

الأرض نظام بيئي مُعَقَّد - والأجزاء التي تَسْكُنُها الكائنات الحيّة منها، برًا وبحرًا وجوًّا، تُؤَلَّفُ الغلاف الحيوي. هذا الغلاف محدود النطاق يمتد قليلًا (نسبيًا) فوق سطح الأرض وتحتّه. يتألّف الموطن الأحيائي من نُطْقٍ بيئيّ، لها خصائصها المناخية والتربّية والجماعات الأحيائية من نبات وحيوان، تُعرَف بالنظم أو المنظومات البيئية. وتُشَمَلُ المنظومة عدّة أجزاء مترابطة ومُتكاملة بشكل يضمن استمراريتها. وهي رُغم تميّزها ليست مُغلقة - فالشمس والمطر يدخلانها، والماء ينصرف منها، والمُغذّيات تأتيها وتُغادرها عبر التربة، وبُزورُ النبت والحيوانات تَجيءُ إليها وتذهب.

## المجال

المجال موقع يشغله الكائن الحي في نظام بيئي، يشمل مكان عيشه ونوع مأكله ومُشرّبه وطرائق سلوكه وعلاقته بالكائنات الحيّة الأخرى. ويُطلقون على مجال النوع أحيانًا «المُتَمَنّى».



## الموطن

الموطن هو المَنَوى الطبيعي لجماعة من النبت والحيوان تُسمّى جالية. أحيانًا يُدعى الموطن البيئي «موقع» النوع؛ وهو يحوي العديد من المجالات؛ فمُجتمعُ الشجر مثلًا موطن.



## النظام أو المنظومة البيئية

النظام البيئي ومنطقته مُتكاملة في الغلاف الحيوي تحوي كائنات حيّة؛ وهو يشمل الصخور والتربة التحيّة وسطح الأرض والهواء فوقه؛ ويُضمّ عدّة مواطن - فالغابة مثلًا نظام بيئي. أما النظم البيئية الكبرى، كالغابات المطيرة والصّحاري، فتدعى خيومات.



## جيمس لفلوك

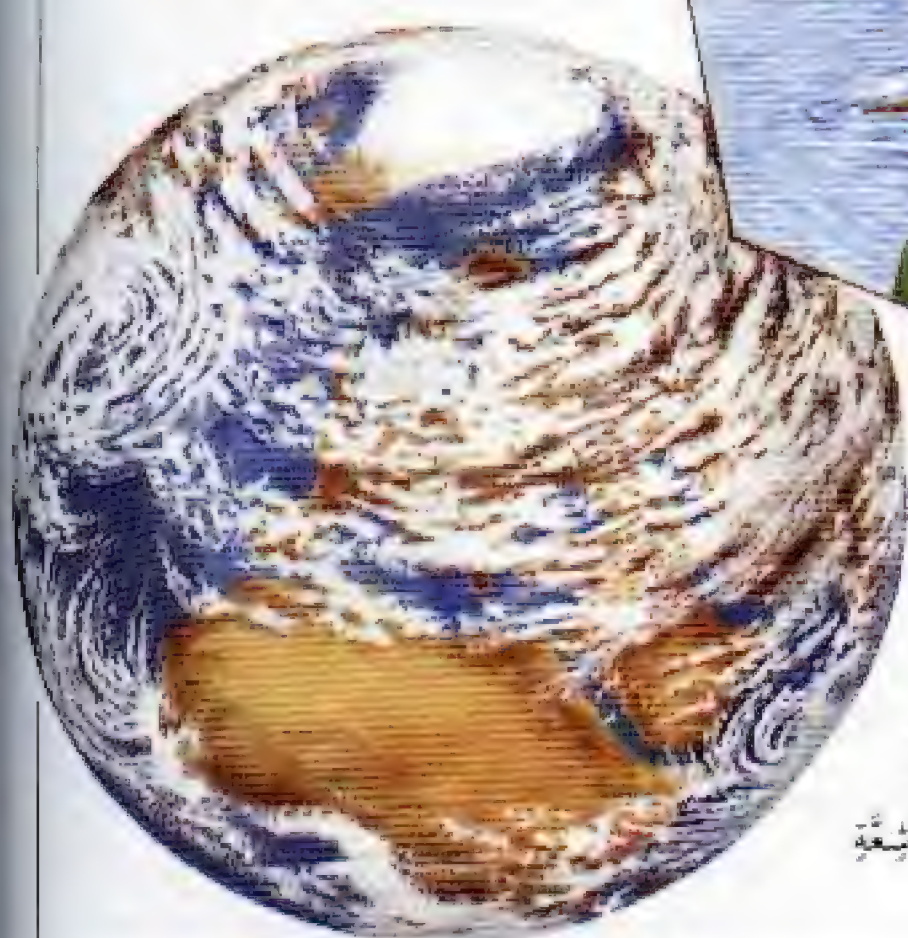
العالم البريطاني، جيمس لفلوك (١٩١٩-)، تقدّم بما يُدعى «فرضيّة جايا» في السبعينيات من القرن العشرين - و«جايا» مُصطلح يوناني قديم بمعنى «الأرض الأم» أو «إلهة الأرض». فبعد أن درس لفلوك جَوّ المريخ، بدأ دراسة جَوّ الأرض، وارتأى أن الجَوّ يُنظّم الغلاف الحيوي، مُعتبرًا أن جميع الكائنات الحيّة على الأرض تعمل كجزء من كائن واحد يستطيع تغيير بيئته ليتلاءم مع احتياجاته. فالجايا تؤمّن الظروف المُلائمة لبقائها الذاتي، حتّى ولو جعل بُنُو البشر الأرض غير مُلائمة لبقائهم.

## الغلاف الحيوي

يُغطّي الغلاف الحيوي كامل سطح الأرض برًا وبحرًا وجوًّا فهو القسم الحي من كوكبنا؛ ويحوي نَظمًا بيئية مُختلفة عديدة.

## الأرض

الأرض هي الكوكب الأوحَد المعروف بوجود الحياة عليه. وتتميّز الأرض بجَوّ يحوي العناصر الضرورية لبقاء الكائنات الحيّة، كما يحمي سطح الكوكب من الأشعّة المؤذية في إشعاعات الشمس.



## المنظومات كبيرة وصغيرة

النظام البيئي قد يَكْبُرُ كالمُحيط، أو تصغرُ منظومته كقطرة مطر فوق ورقة نبت. وفي كلا الحالتين تتميّز المنظومة البيئية عما حوّلها من نُطْقٍ، وتُضمّ مجموعات من الكائنات الحيّة تتفاعل وتتأثّر واجدتها بالأخرى. فالشجرة المفردة منظومة بيئية كما الغابة الضخمة. حتّى الجلد البشري يُمكنُ دراسته كنظام بيئي مُستقل تعيش عليه مُستعمرات من البكتيريا والفُمل.



## وحدات ضمن الغلاف الحيوي

يُقسّم البيئيون الغلاف الحيوي إلى وحدات أصغر لتيسير دراسته. فيمكنُ حينئذٍ مواءمة المعلومات لتُنسَجِمَ معًا في صورة أشمل. ويُمكنُ دراسة النظام البيئي كمجموع، أو دراسة الكائنات الحيّة فيه إفراديًا.





## النظم البيئية في العالم

تتوزع النظم البيئية على سطح الأرض حسب المناخ بصورة رئيسية. وتتفاوت النظم المناخية المختلفة بين القارس والجاف في منطقتي القطبين، والحر والرطب في المنطقة الاستوائية. وقد تأقلمت النباتات والحيوانات مع الظروف المناخية، وترافقت معاً لتكون جماعات وجماليات مختلفة. وتؤدي كل «جالية» دوراً معيناً ضمن نظامها البيئي خلال تنافسها على الموارد الضرورية من أجل البقاء.

تقع الأراضي القطبية والتندرا في أقصى شمال الأرض وجنوبها، في القطب الشمالي والقارة القطبية الجنوبية. والأراضي القطبية متجمدة قارساً البرد طوال السنة - وهي تندرج تدريجياً في أراضي التندرا بعيداً عن القطبين.

السواحل البحرية بضعفها برّ وبضعفها بحر. وهي تشكل نظاماً بيئياً دائم التغير يتواجد حول حواف جميع القارات.

تظل المدن والمنشآت الحضرية مكان المواطن الأصلية للحياة البرية. فتتكيف هذه مع البيئة الجديدة، وهي أدق وأقل تعرضاً للزيج من الزيف المحيط.

توجد الجبال في جميع القارات. وهي تشمل معظم النظم البيئية الرئيسية لأن الظروف المناخية تتباين على الارتفاعات المختلفة.

الأنهار والبحيرات منظومات بيئية من المياه العذبة، متواجدة في معظم مناطق العالم.

السهوب المرحية في آسيا وإفريقية والأمريكتين الشمالية والجنوبية مساحات شاسعة من الأراضي تهيئ الغشيب بصورة رئيسية.

تؤلف المحيطات أكبر الأنظمة البيئية على الإطلاق. وهي جميعها متصلة معاً.

تنتشر الغابات المطيرة المدارية في الأمريكتين الوسطى والجنوبية وإفريقية الوسطى وجنوب شرق آسيا وشمال أستراليا. وهي غالباً قريبة من خط الاستواء فتظل حارة ورطبة معظم أيام السنة.

الصحاري في معظمها حارة شحيحة المطر جداً. وتوجد في الأمريكتين الشمالية والجنوبية وآسيا وإفريقية وأستراليا.

المناطق الرطبة تشمل المستنقعات الغنية والمالحة (السبخات). وهي موجودة في جميع القارات عدا القارة القطبية الجنوبية.

## حدود الأنظمة البيئية

يختلف النظام البيئي عن محيطه بشكل ما؛ إذ يُؤلف محيطه جزءاً من أنظمة بيئية أخرى. بعض الأنظمة البيئية ذات حدود متميزة - كالحودود بين غابة وبحيرة. والمواطن والمجالات البيئية تتغير فجأة، لكن الكثير من الأنظمة البيئية تتداخل وتندمج معاً وتؤلف منطقة الاندماج هذه منظومة بيئية إنشائية تختلط فيها النباتات والحيوانات من كلا النظامين البيئيين.

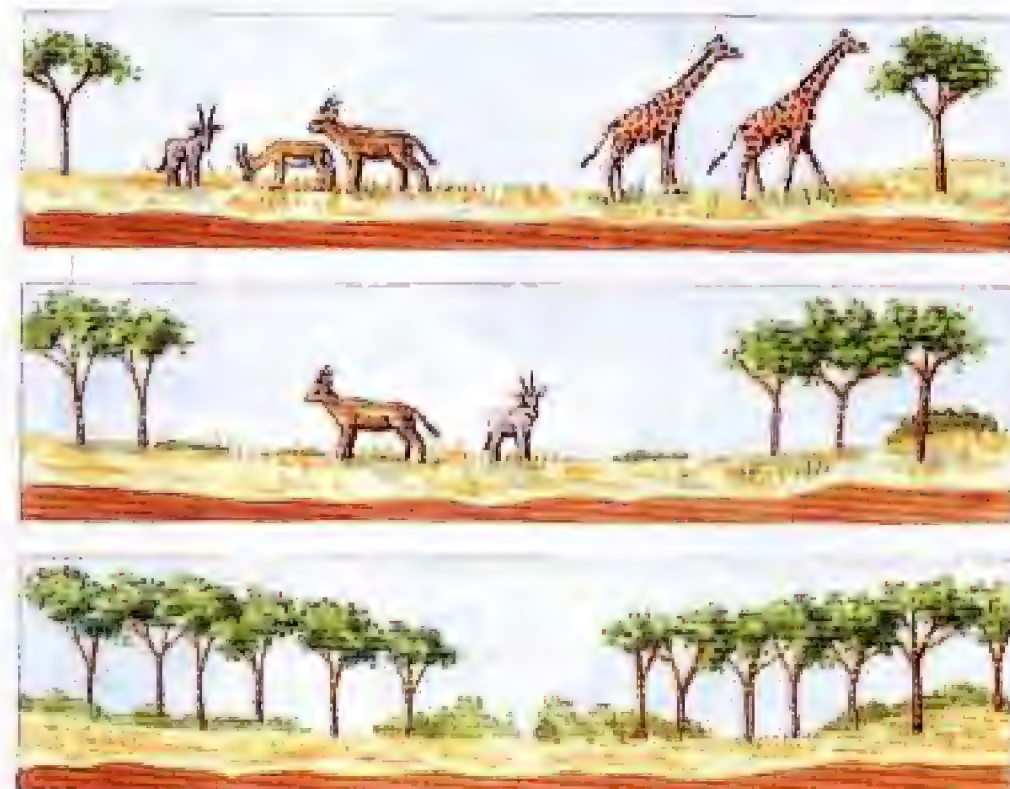
الحيوانات الراعية تبقى السهوب العشبية على حالها، لأنها تأكل بايراب الشجر.

إذا تناقص عدد الحيوانات، فقد تنبت الأشجار وتنمو، فتحبب ضوء الشمس عن الغشيب.

أخيراً، تكتسح الأشجار المنطقة وتكون غابة.

## التعاقب

تنمو الجماعات وتزايدها حتى تبلغ وضعاً مستقرّاً يوصف بأوج المجموعة البيئية. تدعى عملية التحول من نظام بيئي، كسهب عشبي، إلى غابة مثلاً تعاقباً أولياً. أما إذا دمر النظام البيئي طبعياً أو بفعل الإنسان، واستعاد وضعه السالف فهو تعاقب ثانوي.



### لمزيد من المعلومات انظر

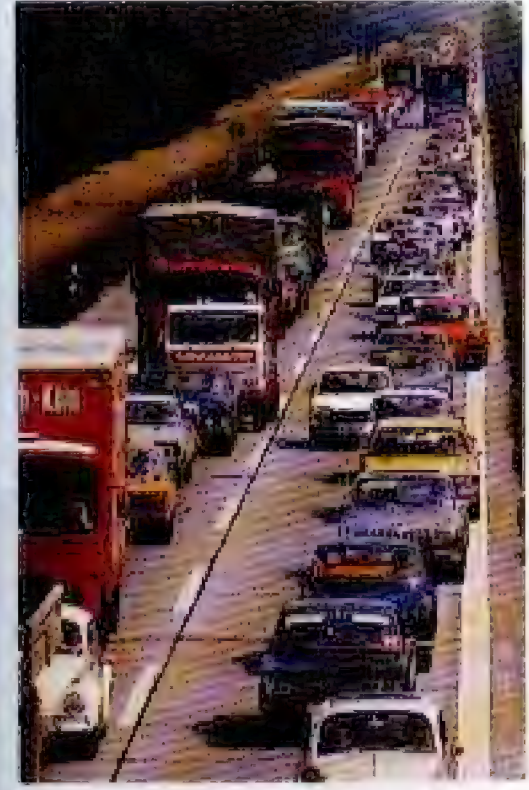
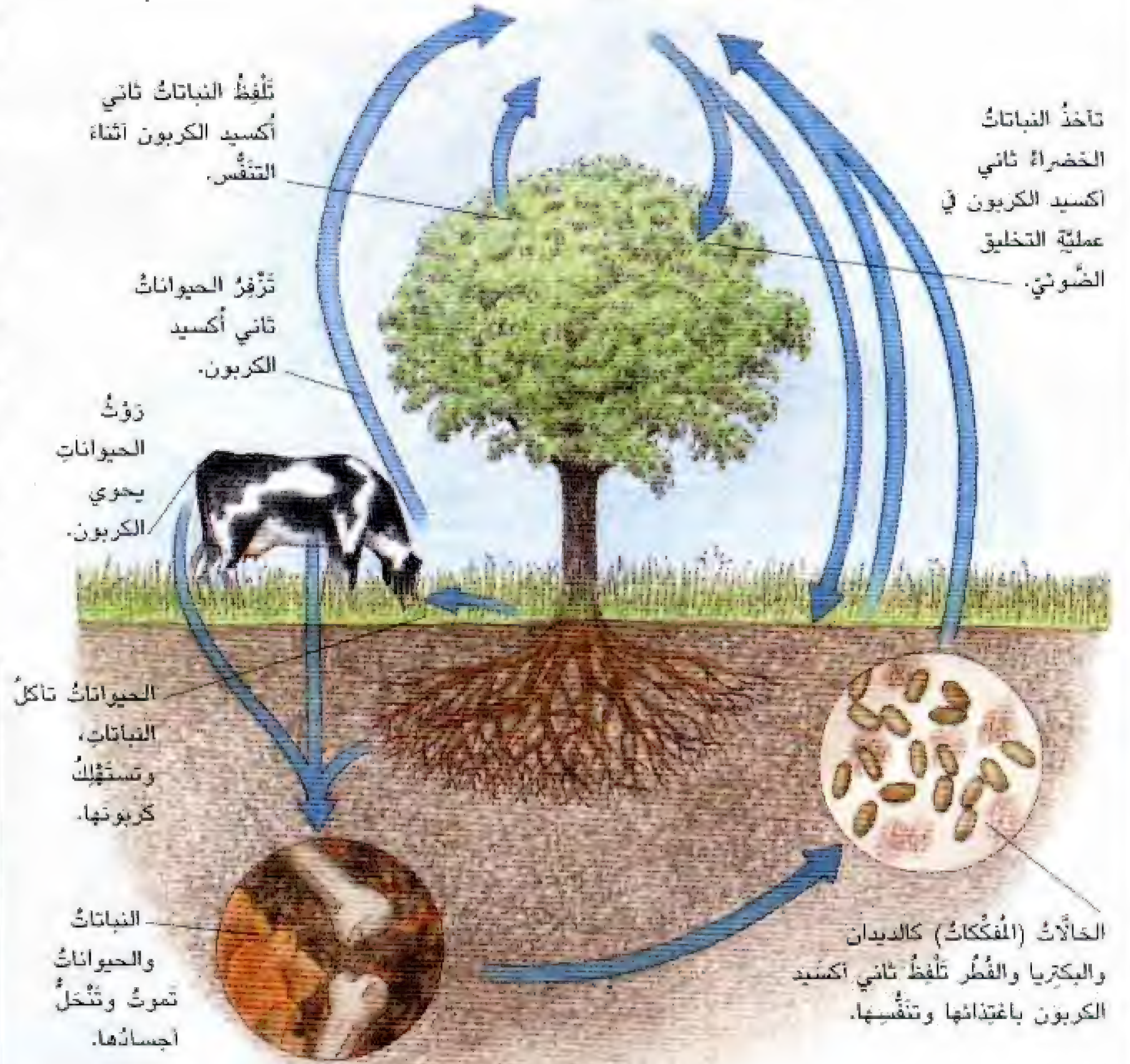
المناخ ص ٢٤٤  
الجوّ ص ٢٤٨  
الأرض ص ٢٨٧  
دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢



# دورات في الغلاف الحيوي

ربما كان بعض جسمك فيما مضى جزءاً من دينصور! ذلك لأن موادَّ جسديك الأساسية قد أُعيد تدويرها مرّات عديدة، فاستخدمتها حيوانات ونباتات أخرى قبل أن تصبح جزءاً منك. فالكائنات الحية تأخذ الماء والكربون والنيتروجين والأكسجين وتستخدمها لتعيش وتنمو. ولو كانت هذه المواد تُستخدم لمرة واحدة فقط لكانت نفدت منذُ أزمان. إن جميع الحيوانات والنباتات تتنفس وتنمو، ومَصيرها أن تموت وتتحلّل. وبأنحلالها تنطلق موادَّ أجسادها إلى الغلاف الحيوي ليعاد استخدامها.

ثاني أكسيد الكربون في الجو



**التسمم بالرصاص**  
الأذخنة المبتعثة من السيارات أثناء حركة السير تطلق ما يزيد على ٢٢٥,٠٠٠ الرصاص في الجو كل سنة. هذا الرصاص يمتزج بالهواء ويمتصه البشر والحيوانات الأخرى فيسمم أجسادهم والأطفال بخاصة هم الأكثر تضرراً بهذا الخطر.

## دورة الكربون

عنصر الكربون أساس أجسام الكائنات الحية كلها. وهو أصلاً من مكونات ثاني أكسيد الكربون في الجو. النباتات الخضراء وبعض البكتيريا تأخذ ثاني أكسيد الكربون من الجو لتصنع غذائها، والحيوانات تأكل النباتات فتأخذ الكربون. ويعاد هذا الكربون إلى الجو كثاني أكسيد الكربون في تنفس الكائنات الحية أو في فضلاتها أو حين تموت وتتحلّل أجسادها.

في الليل، تأخذ النباتات الأكسجين وتطلق ثاني أكسيد الكربون.



ليل نهار

## دورة الأكسجين

تأخذ الكائنات الحية الأكسجين من الهواء، وتستخدمه لإطلاق الطاقة من الأغذية التي تأكلها. وقد تستخدمه أيضاً مع الكربون والهيدروجين والنيتروجين لابتداء جزيئات جديدة في أجسامها. ويعاد إطلاق الأكسجين إلى الجو من النباتات الخضراء خلال عملية التخليق الضوئي، ومن النباتات والحيوانات كجزء من ثاني أكسيد الكربون في عملية التنفس.

## الحمم العالمي

إحراقنا للرؤيت والفحم والحطب يطلق ثاني أكسيد الكربون إلى الجو. وقد عدا الفيس من هذا الغاز يؤلف «دثاراً» مكرّناً حول الأرض تعبّره معظم الإشعاعات القصيرة الأمواج الواردة من الشمس؛ لكن معظم الإشعاعات الطويلة الأمواج المبتعثة من الأرض عاجزة عن اختراقه - مما سبّب، ولا يزال، التسخن المتزايد في جو الأرض (الحمم العالمي) بتأثير ظاهرة «الدفيئات».







## فَرْطُ الْمَغْذِيَّاتِ

تَكْثُرُ الْمَغْذِيَّاتُ فِي بِنَةِ مَائِيَّةٍ عَذْبَةٍ (كَالْبَحِيرَةِ) مِمَّا يُؤَدِّي إِلَى فَرْطِ نَمَاءِ الطَّحَالِبِ. وَهَذَا يُعَزِّزُ نَمَاءَ الْبِكْتِيرِيَا الْحَيَوَانِيَّةِ الَّتِي تُحَلِّلُ الطَّحَالِبَ الْمَيِّتَ - مُسْتَنْفِذَةً بِذَلِكَ مَوْرِدَ الْأَكْسِجِينِ، فَيَتَعَذَّرُ حَيْثُ بَقَاءُ وَعَيْشُ الْمُتَعَصِّياتِ عَلَى اخْتِلَافِهَا.

بِفِعْلِ الْبَرَقِ، يُنْجَدُ  
النَّتْرُوجِينُ بِالْأَكْسِجِينِ  
وَيَسْقُطُ كَحَامِضٍ نَيْتْرِكٍ  
مُخَفَّفٍ مَعَ الْمَطَرِ.

غَازُ النَّتْرُوجِينِ فِي الْجَوِّ

## دَوْرَةُ النَّتْرُوجِينِ

جَمِيعُ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ تَحْتَاجُ إِلَى النَّتْرُوجِينِ لِصُنْعِ الْهَيُورِينَاتِ؛ لَكِنَّ مُعْظَمَهَا لَا يَسْتَطِيعُ اسْتِخْدَامَ نِتْرُوجِينِ الْهَوَاءِ مَبَاشَرَةً. لِذَا يَنْبَغِي تَثْبِيتُ النَّتْرُوجِينِ، أَوْ اتِّحَادَهُ بِعُنَايَرٍ أُخْرَى لِتَكْوِينِ النَّتْرَاتِ أَوْ النَّتْرِينَاتِ. الْبَنَاتَاتُ تَسْتَطِيعُ امْتِنَاصَ النَّتْرَاتِ، وَالْحَيَوَانَاتُ تَأْكُلُ الْبَنَاتَاتِ فَتَحْصُلُ عَلَى حَاجَتِهَا مِنَ النَّتْرُوجِينِ. وَتَبْنِي عَمَلِيَّةُ التَّثْبِيتِ بِوَاسِطَةِ بَكْتِيرِيَا النَّتْرَةِ أَوْ الطَّحَالِبِ وَالْأَشْنَاتِ. وَتَعِيشُ الْبَكْتِيرِيَا الْمُتَمَرِّنةُ فِي التُّرْبَةِ أَوْ عَلَى جُذُورِ بَنَاتَاتِ كَالْبَسِلِي وَالْفَاصُولِيَاءِ وَالْفُولِ وَالْبَرَسِيمِ. وَفِي الْمُقَابِلِ تَفْكَكُ الْبَكْتِيرِيَا الْمُرِيْلَةُ لِلنَّتْرِ فَضَالَاتُ الْحَيِّ مِنَ الْحَيَوَانَاتِ وَالْبَنَاتَاتِ وَوَفَاتِ الْمَيِّتِ مِنْهَا، لِإِطْلَاقِ النَّتْرُوجِينِ وَإِعَادَتِهِ إِلَى الْجَوِّ.



الْبَكْتِيرِيَا الْمُرِيْلَةُ لِلنَّتْرِ تَحْصُلُ النَّتْرَاتِ وَتُطْلِقُ النَّتْرُوجِينِ فِي الْجَوِّ.

تَأْكُلُ الْحَيَوَانَاتُ الْبَنَاتَاتِ وَمَا بِهَا مِنْ نَتْرَاتٍ.

فَضَالَاتُ الْحَيَوَانِ وَالْبَنَاتَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ الْمَيِّتَةِ تَبْقَى فَتُطْلِقُ مُرَكِّبَاتُ النَّتْرُوجِينِ فِي التُّرْبَةِ.

بَكْتِيرِيَا النَّتْرِ فِي التُّرْبَةِ تُحَوِّلُ مُرَكِّبَاتِ النَّتْرُوجِينِ إِلَى نَتْرَاتٍ.

بَكْتِيرِيَا النَّتْرِ فِي جُذُورِ الْبَنَاتِ تُحَوِّلُ النَّتْرُوجِينِ وَالنَيْتْرُوجِينِيَّاتِ فِي التُّرْبَةِ إِلَى نَتْرَاتٍ.

نَتْرَاتُ فِي التُّرْبَةِ

تَحْصُلُ جُذُورُ الْبَنَاتِ النَّتْرَاتِ مِنَ التُّرْبَةِ.

بَكْتِيرِيَا النَّتْرِ فِي التُّرْبَةِ تُحَوِّلُ النَّتْرَاتِ إِلَى نَتْرَاتٍ.

يَبْرُدُ بُخَارُ الْمَاءِ مُتَحَوِّلًا إِلَى غَيْومٍ.

فِي التَّسَاقُطِ، يَعُودُ الْمَاءُ إِلَى الْأَرْضِ مَطَرًا.

وَيَعُودُ الْمَاءُ إِلَى الْأَنْهَارِ وَالْبَحَارِ.



## دَوْرَةُ الْمَاءِ

تَسْخُنُ الْمِيَاءُ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ، فِي الْأَنْهَارِ وَالْبَحَارِ وَغَيْرِهَا، بِحَرَارَةِ الشَّمْسِ وَتَبْخُرُ فِي الْجَوِّ. وَيَصْعُودُ بُخَارُ الْمَاءِ عَالِيًا فِي الْجَوِّ، يَبْرُدُ وَتَكْتَفُّ قَطْرِيَّاتٌ مَائِيَّةٌ تَتَجَمَّعُ سَحْبًا، ثُمَّ تَسْقُطُ مَطَرًا عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ.

تَتَبَخَّرُ الْمِيَاءُ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ.

الْمِيَاءُ الْمُسَمَّمَةُ تَتَسَاقَطُ مَطَرًا حَامِضِيًّا.

الْمَطَرُ الْحَامِضِي يُتَلَفُ الْبَنَاتَاتُ وَيُؤْذِي الْحَيَوَانَاتِ وَالْمُبَانِي، وَيَسْتَرْجِعُ بِمِيَاهِ الْأَنْهَارِ وَالْبَحَارَاتِ وَالْبَحَارِ.

تَفْتَرِّجُ الْغَازَاتُ بِقَطْرَاتِ الْمَاءِ فِي الْهَوَاءِ.

الْأَلْجُنَّةُ السَّامَّةُ تُطْلَقُ فِي الْجَوِّ.



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الكربون ص ٤٠
- النيتروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- تكوين السحب ص ٢٦٢
- المطر ص ٢٦٤
- التحليل الضوئي ص ٣٤٠
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦

## الْمَطَرُ الْحَامِضِي

الْغَازَاتُ السَّامَّةُ مِنْ مَخْطَاتِ الْقُدْرَةِ وَالْمُرَكِّبَاتِ تَمْتَرِّجُ بِالْمَاءِ فِي الْهَوَاءِ، ثُمَّ تَسْقُطُ مَطَرًا حَامِضِيًّا يَغْدُو جُزْءًا مِنْ دَوْرَةِ الْمَاءِ. وَهَذَا الْحَامِضُ، فِي مَاءِ الْمَطَرِ، يَهْدُدُ الْحَيَاةَ الْبَرِّيَّةَ فِي جَمِيعِ الْمَنْطُومَاتِ الْبَيْتِيَّةِ حَيْثُمَا يَسْقُطُ. كَمَا إِنَّهُ يُؤْثِّرُ فِي بَنِي النَّمَاتِلِ وَالْبَيُوتِ وَيَقْتَتِ وَأَجْهَاتِهَا. وَبِفِعْلِ الرِّيَّاحِ، تَحْمَلُ الْغَازَاتُ الْمُلَوَّنَةُ مَسَافَاتٍ طَوِيلَةً - فَقَدْ يُحْدِثُ التَّلَوُّثُ فِي بَلَدٍ مَا مَطَرًا حَامِضِيًّا فِي بَلَدٍ مُجَاوِرٍ.



# البشر وكوكبهم

يُقدّر العلماء عُمر الأرض بِبَضْعَةِ آلافِ مليون سنة، لكنَّ البشر لم يتواجدوا على سطحها إلا منذ وقتٍ قصيرٍ جدًا نسبيًا (أقلَّ من ثانية في يومٍ). وبنهاية القرن العشرين، سيبلغ عددُ سُكَّان الأرض أكثرَ من ٨٠٠٠ مليون نسمة؛ وهم بحاجة إلى طعام وماءٍ وحيزٍ للعيش وهواءٍ للتنفُّس وطاقةٍ لتشغيل مكناتهم. وكلُّ هذا سَيَنعَكِسُ سَلْبًا على الكائنات الأخرى، حيوانات ونباتات؛ فستنقصُ مواطنها البيئية وتقلُّ مواردها الغذائية تدريجيًا. لقد تسبَّب البشر بالكثير من المشاكل البيئية الحالية كالحُمُو العالمي والمطر الحامضي والثقوب في طبقة الأوزون في أعالي الجو وغيرها. وليس هناك من حلول بسيطة لهذه المشاكل. لكننا نشأ الآن أكثر إدراكًا لهذه المشاكل، ووعيًا لِسُبُلِ الحد منها.



## الكيمويات الخطرة

بعض الكيمويات التي تُرشُّ بها الزروع سامةٌ للبشر وضارةٌ بالبيئة. لذا يُفترضُ استخدامها بحكمةٍ ودراسة، وكذلك ارتداء ملابس واقية أثناء استعمالها؛ لكن ذلك لا يتوافر دائمًا في البلدان النامية.



## كوارث التلوث

١٩٥٣-١٩٦٠ الانسحاق بربيع المحار في خليج ميناماتا، باليابان، يتسبب بتلف الدماغ لدى الكثيرين.

١٩٧٦ تسرب مبيد الأعشاب في بيشو، بإيطاليا، يُسمم مئات الأشخاص، ويحكم على الحيوانات الداجنة في تلك المنطقة بالقتل تخلصًا من أضرارها.

١٩٨٤ تسرب الكيمويات من مصنع في يهوذا، بالهند، يقتل ٢٥٠٠ شخص.

١٩٨٦ حادث المفاعل النووي في شرنوبل، بروسيا، يُصيب منطقة شاسعة بالتسمم الإشعاعي.

١٩٨٩ صهريج يتسرب منها ٤٠,٠٠٠ طن من النفط مُقابل سواحل الاسكا فيقضي على آلاف الحيوانات.

١٩٩٣ صهريج يتسرب منها ٨٤,٠٠٠ طن من النفط على قريّة من جزر شتلاند، بإسكتلندا، فيلوث المزارع والشواطئ ويقضي على الحياة البرية فيها.

## الانفجار السكاني

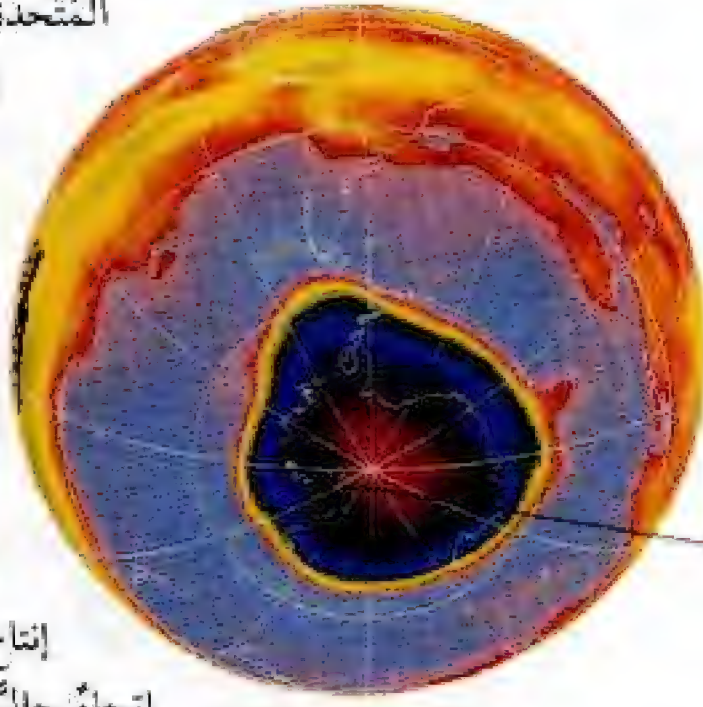
على مدى آلاف السنين قلَّ عددُ سُكَّان العالم محدودًا، فلم يبلغ المليون (١٠٠٠ مليون) إلا في الثلاثينات من القرن التاسع عشر. لكنه استغرق فقط مئة سنة إضافية ليتجاوزَ ٢٠٠٠ مليون نسمة. كما إنَّ تعداد السكَّان العالمي قد تضاعف خلال الـ ٤٠ سنة الماضية فقط؛ ويُعتقد أنه قد يبلُغ ١٠,٠٠٠ مليون بنهاية القرن الحادي والعشرين. الصورة المُقابِلة تُبيِّن البيوت والخرائب المتلاصقة على سفح تلة في ريو دي جانيرو، بالبرازيل.





## ثَقْبٌ فِي طَبَقَةِ الْأُوزُونِ فَوْقَ الْقَارَةِ الْقُطْبِيَّةِ الْجَنُوبِيَّةِ

حوالي العام ١٩٨٠، اكتشف العلماء ثقبًا بحجم الولايات المتحدة الأمريكية في طبقة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية. هذه الصورة الملتقطة من الفضاء، تُبين الثقب بوضوح. كذلك اكتشف أيضًا ثقب أصغر فوق القطب الشمالي، وأن طبقة الأوزون فوق أقسام أخرى من الأرض غدت أرق مما كانت عليه سابقًا. ويتنبأ العلماء باللائمة في ذلك، بصورة رئيسية، على غازات كربون الفلور الكلوريني. وهذه الغازات تُستخدم في بعض البرادات والمبردات والمُكيّفات والمُطافئ، وفي إنتاج بعض أنواع البوليسترين ومواد التنظيف؛ وهناك اتجاه حاليًا إلى أن يُستبدل بها سواها.



ثَقْبٌ فِي طَبَقَةِ الْأُوزُونِ

غازات كُربون الفلور الكلوريني، التي تُنتجها المصانع، تنساق عاليًا في الجو وتدمر طبقة الأوزون.

طبقة الأوزون المتكاملة تُمنع معظم إشعاعات الشمس فوق البنفسجية المؤذية من الوصول إلى الأرض.

فُرط من الإشعاعات فوق البنفسجية يعبر الثقب في طبقة الأوزون فيؤدي كل أنواع الحياة على الأرض.

## طَبَقَةُ الْأُوزُونِ

تُوجد طبقة الأوزون على ارتفاع ١٥ إلى ٥٠ كم فوق سطح الأرض؛ وهي تقي الأرض من معظم إشعاعات الشمس فوق البنفسجية المؤذية. إن تزايد هذه الإشعاعات المُفرط قد يُغيّر البنية الجينية (الوراثية) للنباتات والحيوانات ويسبب سرطان الجلد في البشر. هذا وقد حدثت ثقب في طبقة الأوزون، سمحت بعبور مزيد من هذه الإشعاعات إلى الأرض. ففي القارة القطبية الجنوبية تُعطل المستويات العالية للإشعاعات فوق البنفسجية العوازل عن التخليق الضوئي (تحضير الغذاء باستخدام ضوء الشمس) مما يُخل بالسلاسل الغذائية في البحر.

يتألف جزيء الأوزون من ثلاث ذرات من الأكسجين. فعند بلوغ غازات كربون الفلور الكلوريني طبقة الأوزون تتفكك بفعل المستويات العالية للإشعاعات فوق البنفسجية مُطلقة ذرات الكلور. وهذه تتحد مع إحدى ذرات الأكسجين من كل جزيء في طبقة الأوزون فتفككها.

## كُوشِفُ التَّلَوُّثِ الْحَيَّةِ

بدراسة الكائنات الحية، يمكننا معرفة مدى تلوث الهواء أو الماء. فبعض الكائنات يحتمل الكثير من التلوث بينما بعضها الآخر يزكو ويتزعرع في الهواء النظيف فقط. فالأشنة حساسة جدًا لتلوث الهواء لأنها تمتص المعادن من مياه المطر بكل سطوحها؛ فتتراكم السموم في أنسجتها وتقتلها.

البليوروكوكس (المُخلب المعفر الزاهي الخضرة) فقط يستطيع النمو في جو شديد التلوث. ولا وجود للأشنة هنا.

الأشنة القاسية التقشر كالأشنة الزائورية تُبين أن الهواء عالي نسبة التلوث.

الأشنة المورقة كأشنة البارميليا تحتل نسبة قليلة من التلوث.

الأشنة الأزرق الكثة تنمو في الهواء النظيف فقط.

الثقب الجردية الذيل، وهي يرقات الذباب الخوام (من نوع إريستاليس)، تتنفس أكسجين الهواء مباشرة عبر أنبوب طويل؛ لذا تستطيع العيش في مياه شديدة التلوث.

الدوديات الحمراء، التي هي في الحقيقة يرقات ذباب صغار (من نوع كيرونومس) تحتل نسبة عالية من التلوث.

فريدس المياه الغدبة كاربينان چاماروس يُحتل نسبة قليلة من التلوث.

خواري ذبابة الصُخور (كالهيرا الثنائية الترقط) تعيش في المياه النقية فقط.

### لمزيد من المعلومات انظر

- الحفارات ص ٥٦
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الجو ص ٢٤٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# الفضلات وإعادة تدويرها

في العالم الطبيعي لا يُهدَر شيء. فهناك كائنات حية تُدعى الحشرات أو المُفكِّكات العضوية تغتذي بالمواد الميتة والمُتعفنة وغيرها من الفضلات العضوية الدُّروكة (الحلولة) حيويًا، فتُفكِّكها بحيث يُمكن إعادة تدوير مُكوناتها واستعمالها مُجددًا. لكن إعادة التدوير الطبيعي هذه تختلُّ بِضخامة كميات النفايات الناتجة من استعمال الناس اليوم؛ وهي في مُعظمها، كالسَّكِّ والزُّجاج ومُعظم اللدائن، غير دُّروكة حيويًا. فهذه إن رَميناها كما هي، قد تبقى دون أنحلّالٍ مئآت السنين، حتّى ولو تأكلها الصُّدأ أو تفتت قطعًا صغيرة، لأنّ الحالات لا تُستطيع أكلها؛ فتظلُّ تلوّث الجوّ واليابسة والماء. ويُمكننا، بدل رمي هذه الأشياء، إعادة تدويرها بإرجاعها إلى المصانع لِتُستخدَم مُجددًا. كما يُرجى تجنُّب استعمال المواد غير الدُّروكة حيويًا، والإقبال على شراء الأصناف المُغلّفة أو المُعبأة بـمواد دُّروكة حيويًا والأقلّ تلويثًا للبيئة.

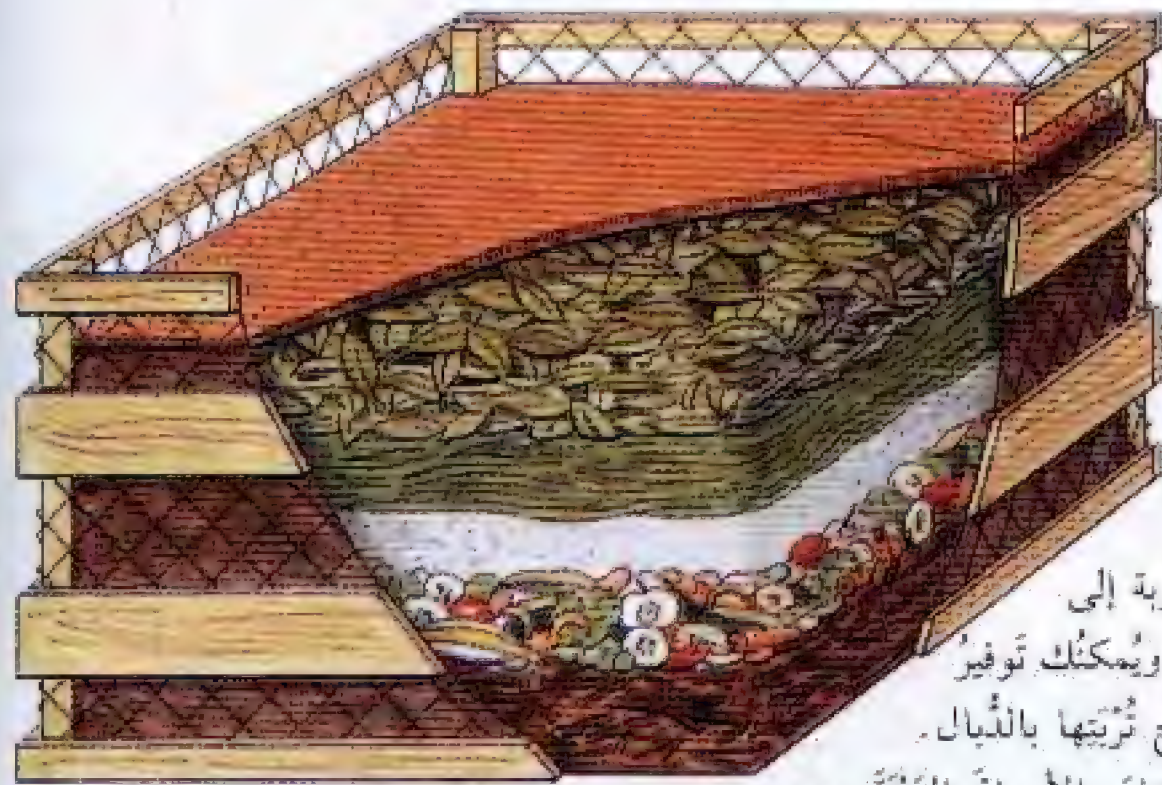


## الحالات

الكائنات الميتة يُعاد تدويرها طبيعيًا. فتتغذى (يرقانات) الذباب على هذه الرُّبابة الميتة هي حالاتها. وهي، كما الحالات والمُفكِّكات الأخرى تُساعد على تنظيف البيئة وجعل مواد الفضلات العضوية مُناخًا مُجددًا لاستخدام النباتات والحيوانات الأخرى. فعندما تتفكك المواد أو تتحلل تُنتج دُقيقًا، تستطيع البكتيريا والفُطر، وهي الحالات الرئيسية مُعالجتها.

## مكبات النفايات

النفايات البشريّة لا بُدّ من طرُحها في مكان ما؛ ومُعظم وسائل التخلّص منها قد تُضرُّ بالبيئة. فالكثير من النفايات الصلبة يُطرَح في حُفَر ضخمة كمواقع رَدَم. وتقوم جرّارات ثقيلة ضخمة بقرّئها ودكّها لِتُشغَل حيزًا أقلّ؛ كما تُغطّى بالتراب وتُدكّ يوميًا لِمنع الطُّيور والحيوانات من الإغذاء عليها ونشر الأمراض. لكنّ هذا إن أخفى النفايات الصلبة، فإنّه لا يمنع السَّوائل السَّامة من السُّروب إلى المياه الجوفية؛ كما إن ارتفاع الحرارة في مطاميرها يُنتج غازات لهُوية قد تتفجّر وتُسبب الحرائق.



غطّ المدبلة (كومة الدبال)  
بشجادة قديمة أو بالخيش  
لحفظ الحرارة في داخلها.

## كيف تُعدّ مدبلة (تسميد مزرعياتك)

أوراق النبات وأجزاء الأخرى الميتة تنحلّ في التربة إلى مُعدّيات يُخصَّب بها الزُّرع. ويُمكنك توفير سماد إضافي لحديقتك بِمزج ثُرثيتها بالدبال. فبدل أن ترمي الحُضر والأزهار والأوراق الميتة، من الحديقة، يُمكنك تجميعها في مدبلة تُعدها كما يلي: في زاوية من الحديقة، جَمع طبقات من الفضلات النباتية في حاوية مُناسبة - مُغطّيًا كُل طبقة بالتراب لِحفظ الحرارة المُتولّدة من فُعل الحالات فيها. أبقِ المدبلة رطبة لأنّ الحالات تنشط في ظروف الدفء والرطوبة. وانتظر عدّة أشهر لِيتكوّن الدبال. حاذِر من وجود موادّ لهُوية حول المدبلة لأنّ درجة الحرارة ترتفع في ثنائها، وقد يلتهب بها الغاز المُتولّد.

## معدّل النفايات

في البلدان المُتقدّمة صناعيًا، حيث تُسود أساليب الحياة العصريّة، تزيد نفايات العائلة المُتوسطة على الطلّ سنويًا. وتتألف هذه النفايات في مُعظمها من ورق التغليف والفضلات المطبخية؛ والكثير من هذه يُمكن إعادة تدويره واستعماله مُجددًا.

صندوق النفايات لعائلة  
مُتوسطة

٣٠٪ ورق وكرتون

٢٢٪ فضلات مطبخية

١٠٪ زجاج

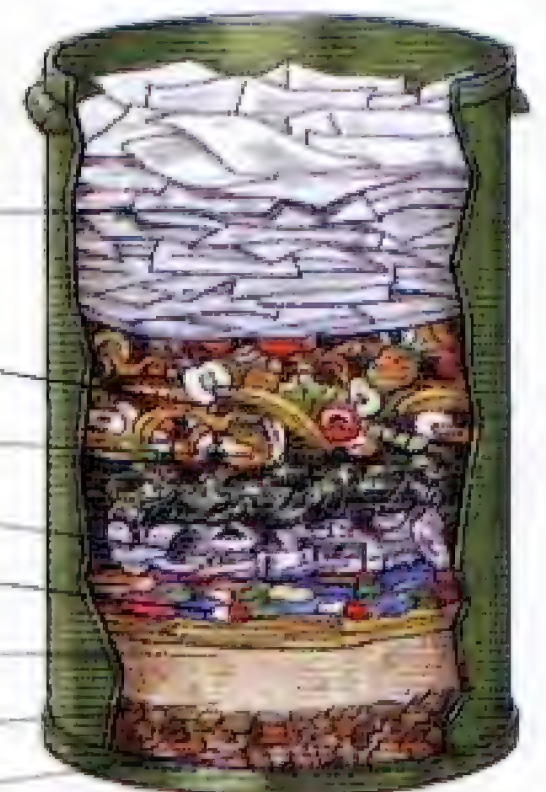
٩٪ قلّرات

٥٪ لدائن

٢٪ أقمشة

١٠٪ عُفار

١٠٪ نفايات أخرى



## لمزيد من المعلومات انظر

- الجرائيم (البكتيريا) ص ٣١٣
- الفُطريات ص ٣١٥
- التغذية ص ٣٤٢
- دورات في الغلاف الجوّي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤
- الحفاظ على البيئة الطبيعية ص ٤٠٠



# السلاسل والشبكات الغذائية

ترابط مجموعة الكائنات الحية في نظام بيئي، من حيث اغتداؤها بسلسلة غذائية - يأكل الكائن في السلسلة ما دونه، وبدوره يأكله ما فوقه. فمثلاً في سلسلة «ثعلب - أرنب - نبتة» الأرنب يأكل النبتة، وهو بدوره يأكله الثعلب. النباتات قادرة على تخليق غذائها باستخدام طاقة ضوء الشمس، وتُدعى مُنتِجات. أما الحيوانات فلا تستطيع تخليق غذائها ذاتياً، فتتغذى بالنباتات والحيوانات الأخرى، وتُدعى مُستهلكات. أحياناً تتغذى الحيوانات بأكثر من نوع واحد من الغذاء، فتتداخل بذلك ضمن عدّة سلاسل غذائية. وتؤلّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.



## السلسلة الغذائية

سلسلة من الكائنات الحية يُشكّل الواحد منها غذاء للذي يليه، كسلسلة النبتة - الأرنب - الثعلب مثلاً. وكلّما تزيد حلقات السلسلة الغذائية على ثلاث حلقات أو أربع. فعند الحلقة الرابعة غالباً ما تكون كمية الطاقة كلها قد استُنفِدت.



## السّم في سلسلة غذائية

تتراكم السّموم بالانتقال عبر السلسلة الغذائية. فالكيماويات السامة التي تُرش بها الزروع، لإبادة الحشرات، تنتقل منها إلى الطيور التي تفتأ بوزر تلك الزروع. فإذا أكل طائر كبير عدداً من هذه الطيور الصغيرة، تراكم كمية السّم في جسمه، وقد تكون كافية لقتله أو تجعل الأذى منه تضع بيوضاً رقيقة القشرة جداً بحيث تنكسر وتتلّف عندما يرّخم الطائر الوالد عليها. ويدعى هذا التراكم السّمّي تضخيماً حيويّاً.



هرم طاقة

## المستويات الغذائية

من الوسائل المستخدمة في دراسة جالية بيئية ترتيب كائناتها الحية في مستويات غذائية. وتعتمد هذه المستويات على أعداد أو كتلة (الكثلة الحيوية) الكائنات الحية في المستوى نفسه من الشبكة الغذائية، أو على كمية الطاقة التي تخزنها مجموعة الكائنات في ذلك المستوى. وترسم هذه المستويات بيانياً كمدرج، هرمي غالباً، لأن كمية الطاقة تتناقص بالانتقال صعوداً من مستوى إلى الذي يليه.

## الشبكة الغذائية

قد تشمل الشبكة الغذائية كائنات حية من عدّة منظومات بيئية. ففي الشبكة الغذائية أعلاه، لجالية بحيرة، يعيش بعض الحيوانات والنباتات في الماء وبعضها الآخر على اليابسة. فالمنتجات، من نباتات مائية وعوالق نباتية، تُشكّل طعاماً للعاشبات (أكلات النبت) كالعوالق الحيوانية والقواقع والحشرات وبعض الأسماك. والعاشبات بدورها تأكلها اللاجماث (الحيوانات آكلة اللحوم) من حشرات وأسماك أخرى ولبونات. وأي تغيير في أعداد النوع من أي حلقة يؤثر حتماً في نباتات وحيوانات الشبكة بأكملها.

## جوناثن پورت

المُحاضر والكاتب البريطاني، جوناثن پورت (١٩٥٠ -)، هو من ألمع الناشطين في تثقيف الناس حول ضرورة الاهتمام بالأرض وبالبيئة البرية فيها. وقد ركّز پورت أجهوده في "سياسة

الخضر"، وتقدّم كمرشّح عن حزب الخضر البريطاني في مجلس العموم، ثم أصبح مديراً لجمعية أصدقاء الأرض. وفي العام ١٩٩٠، تخلّى عن منصبه لينصرف إلى إلقاء المحاضرات والأحاديث الإذاعية والتلفزيونية والكتابية عن قضايا "الخضر" حول العالم.



## لمزيد من المعلومات انظر

- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- التغذية ص ٣٤٢
- الاغذية ص ٣٤٣
- الهضم ص ٣٤٥
- الغلاف الحيوي ص ٣٧٠
- الحياة البرية في خطر ص ٣٩٨



# الجماعات الحيوانية

الرُّمَّة من الذئاب، والقطيع من الطُّبَاء، والسَّرب من السَّمَك، والرَّف من الطُّيُور أمثلة على التَّجمُّعات الحيوانية. فقد تعيش الحيوانات جماعات كلِّ الوقت أو تَجتمع فقط أثناء التَّعشُّش أو الإغْتذاء في منطقة وزمن مُعيَّنين. وكثيراً ما تُسودُّ هذه التَّجمُّعات علاقاتٌ مُجتمعيَّة، فيتقاسم أفراد الجماعة وظائف خَدَماتيَّة كتجميع الطَّعام والعناية بالصَّغار والدِّفاع عن الجماعة. كما إنَّ العيش جماعات يُتيح للصَّغار من الجماعة تعلُّم المهارات والسلوك الأصحَّ من الكبار. وهكذا تتعرَّزُّ إمكانات الجماعة في مُجابهة نزاع البقاء، وتنتقل معرفة وخبرة الجماعة إلى الجيل التالي.



تُضطادُّ الذئاب جماعات، فيمكنها بذلك قنص حيوانات كبيرة كالأيائل.

الذئاب السيِّدة في القطيع تُحدِّد مناطقها برائحتها، فلا تقربها ذئاب من قطيع آخر.

تغوي الذئاب نذيراً للقطيع المناقصة بعدم الإقتراب من مناطقها.

جراء القطيع تتعلَّم بمراقبة الكبار ومحاكاة تصرُّفاتهما.

الذئاب السيِّدة ترفع أذيالها في الهواء وتُخصِب أذنيها عالياً.

الذئاب الخائفة تُخفِّض ذيلها تعبيراً عن خضوعها.

يستلقي الذئب الخائض على ظهره استسلاماً للذئب السيِّد دون مُقاومة.



## مُسْتَعْمِرات الطُّيُور

يُعيش الكثير من طُّيُور البَحْرِ، كالْمُكْمَكَب الأصابع (سُولا باسانا) في تجمُّعات كبيرة تدعى مُستعمرات - تُقع فيها الطُّيُور مُتباعداً فقط بقليل يتجاوز مدى التناثر. فالْتعشيش الجماعي أكثر أماناً، ومجال الإنذار بالخطر فيه أوفر.



جزء الخط المُستقيم من مسار الرُّقص يُمثِّل الزاوية بين الشَّمْس ومكان الغذاء.

## رَقص النحل

نحلة العسل (آيس مليفرا) ترقص دائرياً ليرشد النحل الآخر في الخلية إلى موقع مورد غذائي جيد. وتتناسب سرعة الرقص عكسياً مع بُعد المورد عن الخلية - فكلما ازدادت السرعة، كان المورد أقرب.

## قطيع الذئاب

أعضاء القطيع من الذئاب (كانيس لوبس) تتعاون على البقاء، بالقنص جماعة والدِّفاع عن الجراء. فكلُّ ذئب يَعرف موقعه ضمن القطيع. فالذئاب السيِّدة تُعرب عن سيطرتها أو تفوقها بأوضاع جسدية خاصة تدعى لغة الجسد. وتستخدم الذئاب الخائفة اللغة نفسها للتعبير عن خضوعها واعترافها بسيادة الأسياد. السيِّد والسيِّدة الأولان في القطيع كلاهما كبير الجسم سليمه. وفي العادة يُقتصر إنجاب الجراء على سيِّدة القطيع.

## جين جودول

العالمية الانكليزية جين جودول (١٩٣٤ - ) بدأت دراسة الشَّمبانزيات في محمية الحيوانات في حوض نهر جومبي في تنزانيا، بإفريقية. وبعد سنوات من البَحْث ومُتايعة جماعات الشَّمبانزي في الغابات، توضَّحت لجودول تفاصيل الحياة العائليَّة للشَّمبانزيات وأفضل الطُّرُق لإحمايتها. وتركز مؤسَّسة جين جودول الاتية على أوضاع الشَّمبانزيات الحرجة ومُصيرها المُهدد بخطر الإنقراض بسبب تدمير مواطنها البيئية وتصيدا والمُتاجرة غير المُشروعة بها.



## لزيد من المعلومات انظر

- الطُّيُور ص ٣٣٢
- الرئيسات ص ٣٣٦
- الإغْتذاء ص ٣٤٣
- الحياة البرية في خطر ص ٣٩٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# العشرة والتعايش

أنواع النبات والحيوان المختلفة قد تتعايش؛ وهذه العشرة قد تكون مفيدة لكلا النوعين في تكافل حيوي متبادل، كشقيق البحر النامي على محارة سلطعون؛ أو قد يكون مفيداً لواحد مضرًا بالآخر، كما البرغوث متطفلاً على كلب - يمتص من دمه ويهيج جلده. وقد يكون التعايش مفيداً لأحد المتعايشين ولا يضر الآخر بشيء كسمكة الريمورا (اللشك) في حماية القرش (كلب البحر). ويمكن اعتبار غزو الثعالب ونبات آوى والراكونات والأوبوسومات لصناديق الثعالب نوعاً من هذا التعايش مع البشر.



## الحماية المتبادلة

نمل السنط (من نوع سودوميرونكس) يحمي سلفاً قرون الثور (أكاسيا كورنيجرا) في كوستا ريكا، يقرض الحيوانات التي تحاول أكل أجزاء من الشجرة. وفي المقابل توفر الشجرة للنمل مكاناً آمناً للتعيش داخل قرونها الكبيرة؛ كما تنتج الأكاسيا إفرازات حلوة تأكلها النمل.

القرش الماص في رأس سمكة الريمورا (اللشك) يحوي سلسلة من الصفائح.



## الحماية مقابل الغذاء

السرطانات الناصبة لا محار صلبة لها. وهي تعيش في المحار الفارغة لصديقات ميتة، وتنتقل منها إلى آخر أكبر عندما تضيق تلك المحار بها. ويعيش بعض شقيق البحر فوق محار السرطان الناصب. فيحمل السرطان شقيق البحر إلى مناطق أغذية جديدة ويوفر له غذاء إضافياً من فئات طعامه. وفي المقابل تحمي لواميس شقيق البحر اللامعة السرطان من اعتداء المعتدين.



سمكة اللشك (الريمورا)

خيوط خانيق الكريستة القرنفلية اللون.

## المستفيد أحد المتعايشين

سمكة اللشك (ريمورا ريمورا) لها في أعلى الرأس قرص ماص تلتصق بواسطته بسمك القرش. فيوفر لها القرش الحماية وبعض الغذاء تلتقطه من سقطة طعامه. والريمورا قد لا تفيد سمكة القرش بأكثر من إزالة بعض الطفيليات من جلدها.

شقيق البحر (كاليكثس برازيكا) يستصفي الغذاء من الماء؛ وقد يلتقط فئات الغذاء السابق من السرطان (السلطعون).

السرطان الناصب (يوباجورس بريدوكسي) يخرج رأسه ويحشيه وكلابيته الاماميتين والزوجين الأولين من رجلته، خارج المحارة، أثناء تنقلاته.

## في العشرة خير للمتعايشين

نقار البحر الأحمر المنقار (بوفاجوس إيرثورنكس) يتسهم فراء الحيوانات الإفريقية الكبيرة، كالزرافة، بحثاً عن الأفراد والذباب ماصة الدم ليتغذى بها. فبقيد هو غذاء، وتفيد الزرافة (جيراًفا كاملوياردانيس) خلاصاً من الآفات المؤذية.



الشراكة بين نقار الثيران والزرافة مثل على التكافل الحيوي.

## العشرة تفيد الواحد وتضر بالآخر

الكشوت (كاشكوتا إيشيوم) نبات عديم الكلوروفيل، يعيش متطفلاً على النباتات الأخرى فيسببها قسماً مهماً من غذائها. في الشام يسبون هذا النبات الهالوك، وهو الحامول في مصر.

تخترق جذور الكشوت أنسجة النبات العائل وتمتص نسيجه. نبات عائل نشبت فيه جذور الكشوت.

صورة عن قرب لقطع مستعرض من جذع نبات عائل نشبت فيه جذور الكشوت.



جذع النبات العائل

## لمزيد من المعلومات انظر

- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- فناديل البحر والشقائق البحرية ص ٣٢٠
- المرجانيات ص ٣٢٢
- الأسماك ص ٣٢٦
- البلدان والحدود ص ٣٩٧



# اللون والتّمويه

القشّم السفليّ الباهت اللون  
عن أجنحة الفراش الأزرق  
الشائع (بوليوماتوس  
إيكاروس) يُتَوَقَّعُها على  
بعض النباتات.

أزهار القمعية  
الأرجوانية  
الزاهية تجذب  
التحلّ الطنّان الذي  
يغتنم برحيقها؛  
وفي الوقت نفسه  
تحمل الطنّانات  
حبيبات اللقاح، فتلقح  
بعضها ما تزوره  
تالياً من  
أزهار.

الذباب الحوام  
غير مؤذٍ؛ لكنّ  
مُشاكهةً للتخل  
أو الزنابير تُبعِدُ  
المُفترسات عنه.

ألوان النباتات والحيوانات تُخدّم عادةً أغراضاً  
معيّنة. فالوان النبات وأزهاره الزاهية تُجذبُ  
الحيوانات التي بواسطتها تنقلُ حبيبات اللقاح بين  
الأزهار، أو تُشتر البزور بعيداً لانتاش نبات  
جديدة. ومن الحيوانات ما هو ذو ألوان زاهية  
لاجتذاب القرين، أو للتحذير من سُميّة أو  
لإيهام بها. والألوان الباهتة تُعينُ الحيوان  
على التّمويه والاندماج مع البيئة من حوله -  
وهذا يُمكنُ الضواري من مقاربة فرائسها  
ومفاجأتها، وفي الوقت نفسه يخدمُ الفرائس  
المُستهدفة في التّخفي عن عُيون مُفترسيها.

القشّم الأعلى من أجنحة ذكر الفراش الأزرق  
الشائع زاو برزقته لاجتذاب  
القرين.

الترقش الأخضر والبنيّ  
في الجرادة يُتَوَقَّعُها بين  
الأعشاب.

## من أجل البقاء

الظهور بشكل بارز ضروريّ لبعض  
الحيوانات والنباتات كما التّخفي والتّمويه  
ضروريّ لبعضها الآخر. فالكائنات الحيّة جميعها  
تتخذ اللون والنمط أو الشكل الأنسب لها من أجل البقاء.

## تغيير اللون

يتغيّر لون بعض الحيوانات تبعاً  
للفصول بحيث تظلّ مُموّهة طوال  
السنة. فالقائم (مستل إرمينا) يغيّر  
أسمر الفرو معظم أيام السنة. لكنّ  
لون فروه يتحوّل شتاءً، حيث تتساقط  
الثلج، إلى البياض عدا خضلة طرفيّة  
في نهاية ذيله.

الوان الدهشوقة الزاهية  
تُخدّم المُفترسات من  
طعّمها الكريه.

## ذكور غنيّة بالألوان

ذكور الطيور في كثير من الأنواع أغنى لونا  
وأزهي إشراقاً من الإناث. فالإناث ترخم غالباً  
على الببؤص في العش وتعتني بالفراخ. ومن  
الطبيعي أن تجعلها الألوان الزاهية هدفاً بارزاً  
للمفترسات. في الضورة أعلاه فِرَاطٌ ذكّر  
(فريجاتا ميتر) يتفخّج جرائه الحلقويّ الأحمر  
مختلاً لاجتذاب أنثاه.



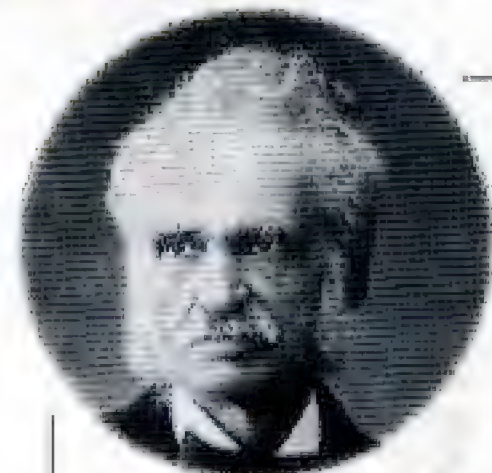
الضبي المخطّط (البونجو)  
(يوسركس ثوريسينوس)



التمير الداكن الرقطة  
(نيوفيلس  
بنيولوزا)

## الرقطة والخطوط

أنماط الرقطة والخطوط في  
كسوة الحيوان تُساعد في اتّلاف  
لونه وشكله عموماً مع الوسط  
المحيط. فالنمر الأرقط والظبي  
المخطّط تصعب رؤيتهما بين  
الغلال في الغابات التي  
يستوطنانها. ويلاحظ أحياناً  
تواجد هذه الرقطة والخطوط  
المموّهة في بعض صغار  
الحيوانات وغيابها في أئواب  
الكبار التي بمقدورها أن تدافع عن  
نفسها أو تلوذ بالفرار عند الخطر.



## هنري ولتر

بيشس  
العالم الطبيعي  
والمكتشف

الإنكليزيّ، هنري بيشس

(١٨٢٩-١٨٩٢)، درس التّمويه في  
الحيوانات؛ ولحق أنّ بعض الحشرات  
غير المؤذية تُشابه المؤذية الكريهة شكلاً  
لتنجذبها المفترسات. ويُعرف هذا الآن  
بالمُشاكهة البيشيّة. وقد أرتأى بيشس أنّ  
تلك المُشاكهة نأصلت نتيجةً لعملية  
الانتخاب الطبيعي.

## لمزيد من المعلومات انظر

- التطور (النشوء بالتحوّل العُصوي) ص ٣٠٨
- الزهرّيات (النباتات الزهرية) ص ٣١٨
- المفصّليات ص ٣٢٢
- الطيور ص ٣٣٢
- الإغذاء ص ٣٤٣
- الخواسب ص ٣٥٨



# الهجرة والإسبات



مُنْتَزَه سِرِنجيتي الوطني، بكنيا

## الهجرة

تُهاجر الحيوانات طلبًا للغذاء والدَّفء والماء والمَجال الحيويّ أو بحثًا عن مكان آمن تُربّي فيه صغارها. والمعروف أن الطيور، كالحُرَشنة القطيئة والفراسات تقطع في هجراتها مسافات أطول من سواها. وفي فَصَل الجفاف الإفريقي تَرحلُ الآلاف من ثيابتل الثو (كُتوكيتس ثورينوس) قطعانًا نحو سُفوح التلال للرعي - صغارها تتبع كبارها. لكن الكثير من الحيوانات المهاجرة تقوم بالرحلة الأولى بنفسها، مُستعينة بموقع الشمس أو النجوم؛ ويُعتقد أن بعضها حسّاسٌ لِمَجال الأرض المغنطيسي، وأن الأسماك والحياتان تهتدي بالتيارات المحيطية.

فصول المطر الشتوي يتراد بالابتعاد شمالاً.

فصل جاف



## رحلة ثيابتل الثو

الحيوانات المهاجرة

قد تقطع آلاف

الكيلومترات، ففي

الفصل الرطب ترعى ثيابتل

الثو في السهول الجنوبية

الشرقية من كينيا؛ وهي ترحل غربًا

في الفصل الجاف ثم شمالًا نحو المناطق

الأغزر مطرًا. ثم تعود ثانية إلى الجنوب حيث تكون الأمطار قد أعادت

السهوب العشبية الجافة إلى الحياة مُجددًا، وتتبع الضواحي مُفترسة

الثيابتل، كالأسود، القطعان المرحلة، بالضرورة، حيثما تذهب.

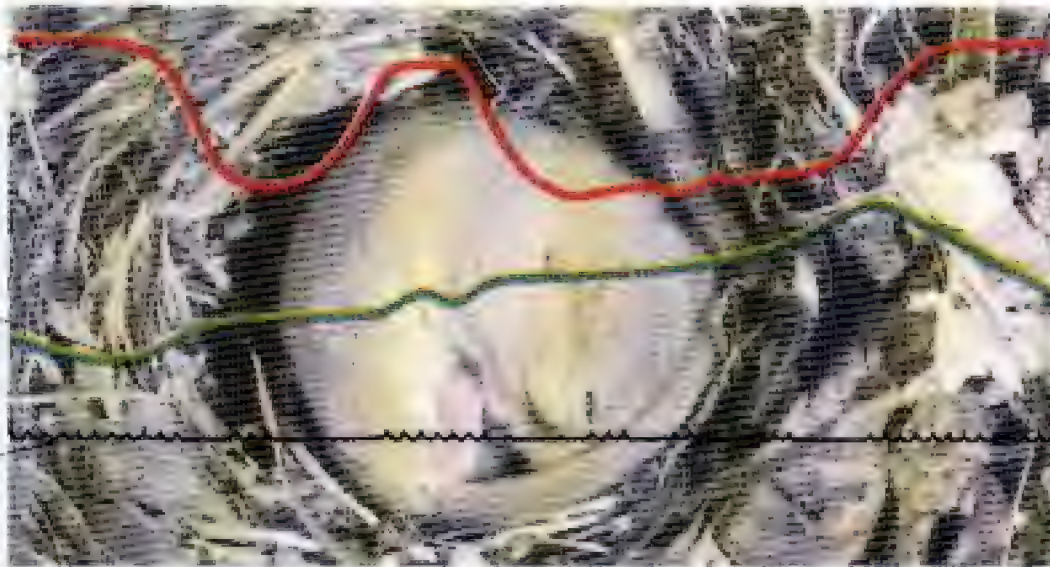
اتجاه رحلة ثيابتل الثو

فصل رطب

درجة الحرارة

الوقت

سرعة التنفس



اغتراب قبل الإسبات عميق يسبق بقطة لفترة عودة إلى بعد الإسبات تجاور الجفاف تستوطن الأسماك الرنوية

مُستنقعات تُفقد مياهها في فصل الجفاف. فتعتمد السمكة الرنوية إلى الانجرار في الزحل مُلتقّة داخل شُرقة من المخاط الرطب تُقلّل تبخّر الماء من جسدها. وهي تتنفس عبر غطاء من الزحل للشرقة. وعند عودة المطر، تخرج السمكة من شُرقتها وتستعيد حيوتها. هذا الضرب من الإسبات في ظروف الحر والجفاف يُدعى التصبف أو الإسبات الصيفي.



السمكة الرنوية الجنوب أمريكية (لبيدوستيرن بارادوكسس)

## الإسبات الشتوي

تُفتر الأنشطة الحيوية خلال الإكثبات الشتوي، بما يُبقي الحيوان حيًا فقط. فتُهبط درجة حرارة الجسم إلى ما فوق درجة حرارة الهواء بقليل، وتتناقص ضربات القلب وتُخفّض - كما يبدو في مُحطّط الإسبات أعلاه للرغبة (ماسكاردينوس أفلاناريوس).

## مدى الإسبات الشتوي

المُرموط قارض صغير حقيقي الإسبات. هذا المُرموط الألباني الأصفر البُلقن (مارموتا فلافيكترس)، مثلاً، يُسبّط دون حراك في نفقه أكثر من نصف السنة أحيانًا. بعض الحيوانات، كالذئبة، جزئية الإسبات؛ وقد تستكين لفترات طويلة لكن ضربات القلب فيها تكاد لا تُفتر؛ وإن طُرأت توبة دفء، فإنها تستيقظ وتعتدي.



## لمزيد من المعلومات انظر

- بنية الأرض ص ٢١٢
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخ ص ٢٤٤
- التغذية ص ٣٤٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# مناطق القطبين والتندرا

في أقصى شمالي الأرض وجنوبها توجد منطقتا القطبين الشمالي والجنوبي، وهما أشد المنظومات البيئية قساوة على الأرض. وتعتبر القارة القطبية الجنوبية أبرد مناطق الأرض قاطبة - إذ تتدنى درجة الحرارة فيها إلى ٨٠°س تحت الصفر؛ وتهب الرياح فيها بسرعات قد تبلغ ٣٢٠ كم/سا. وحيث إنه لا يتوافر تنوع حيائي كبير في هاتين المنطومتين، فإن الشبكات الغذائية فيهما بسيطة يسهل الإخلال بها. والحياة البرية، بطبيعة الحال، مكيفة للعيش في هذا المناخ.



توزع المناطق القطبية والتندرا في العالم

## الفظ (فيل البحر)

يعيش الفظ (أودوبينس روزمارس) قطعاناً في المحيطات القطبية الشمالية، ويحميه جلده العاسي وطبقات الشحم تحته من البرد القارس ومن تعديلات الأقطاب الأخرى. ويستخدم الفظ نائيه لإقتلاع المحار التي يقتدي بها؛ والنابان أطول في الذكور؛ وقد يُشير طولهما إلى مَرَلَةِ الفظ بين القطع.



خط الساحل

هنالك مساحات شاسعة مغطاة بالجليد حول كلا القطبين. ففي المنطقة القطبية الشمالية، يطفو الجليد فوق البحر، وكثيراً ما لا تتجاوز سماكته بضعة أمتار. أما في القارة القطبية الجنوبية، فالجليد يغطي الكتلة الصخرية، وتبلغ سماكته في بعض الأماكن حوالي ٤ كيلومترات. وتتقي حيوانات تلك المناطق البرد القارس بفرائها الغليظة أو ريشها الكثيف أو بطبقات الدهن السميكة تحت الجلد - مما يحفظ لها دفئها. وتهاجر إلى منطقتي القطبين في الصيف أعداد ضخمة من الطيور، كالبطاريق وبظ العبد، حيث تكثر الضواري ويتوافر لها وفرة من الطعام في ذلك الموسم.



## طائر الخرشنة القطبي (الشمالي)

طيور الخرشنة القطبية (سترن بريدنس) تُربي فراخها في صيف القارة القطبية الشمالية، ثم تهاجر إلى الطرف الآخر من الأرض لتفقس الصيف في القارة القطبية الجنوبية. وهي بذلك تنعم بساعات من ضوء النهار أكثر من أي كائن حي آخر.



## الدب القطبي

الفرو الغليظ وطبقات الدهن تحت الجلد تحفظ

للدب القطبي (ثالاركتوس ماريتموس) دفئه في المنطقة القطبية الشمالية؛ كما إن الدهن مصدر احتياطي للطاقة. وقد تغتاش ذكور الدببة القطبية على قنص الفقمات (عجول البحر) طيلة الشتاء.

## الحوت الأبيض

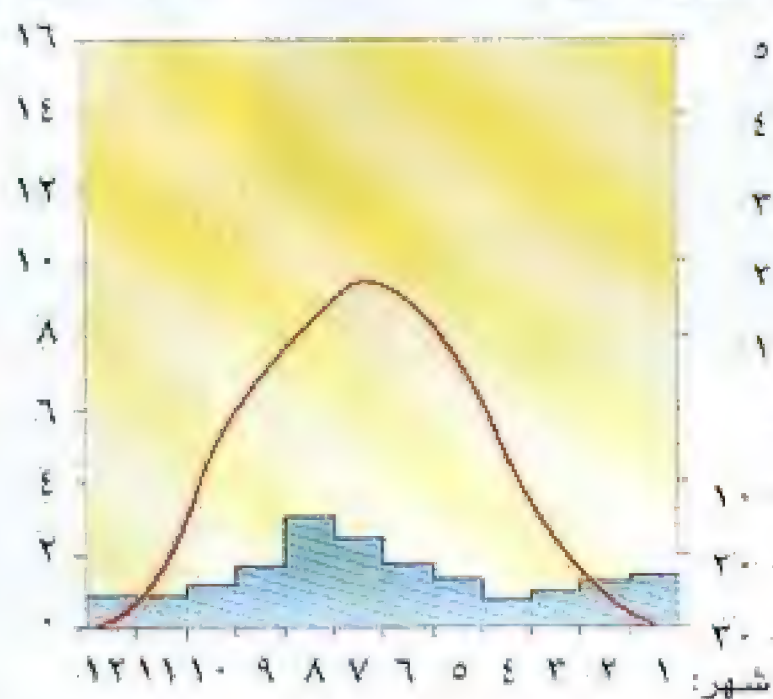
الدلفين (أو الحوت) الأبيض (دلفينا بريس لوكاس) قد يظل في مياه القارة القطبية الشمالية على مدار السنة، رغم أن معظم الحيتان تزور هذه المنطقة صيفاً فقط. وتغتذي الدلافين البيض بصورة رئيسية بالأسماك، كالقنذ والهلبوت والحدوق.

المعدل الشهري لدرجات الحرارة وكميات المطر في حصن

يوكون، بالاسكا

كمية المطر: بالسم

درجة الحرارة: °س



## المناخ

مناطق القطبين والتندرا قارسة البرد. وتساقط المطر والثلج فيها قليل لأن الهواء البارد لا يستطيع حمل الكثير من الرطوبة. وقد تقل كمية الثلج الساقط حول القطبين عن كمية المطر الساقط في الصحراء الكبرى. وتكون كل من منطقتي القطبين مظلمة كل الوقت طوال الشتاء فيها، أما في صيفها، فتشع الشمس ٢٤ ساعة في اليوم.



## أراضي التندرا

التندرا أراض قاحلة تُتأخَّم النظام البيئي القطبي الشمالي، يُغطيها الخزاز وجنبات صغيرة تنمو في تجمعات كثيفة خفيفة بعيداً عن مهب الرياح. وأوراق النبت دقيقة صغيرة تمنع فقد الماء المُفْرِط. في الصيف، تُفقس الحشرات، كالبعوض والذباب الأسود من بيوضها المُعَرَّرة في التربة؛ فتتغذى بدم اللبونات الكبار، كأيائل الرنة؛ وهي بدورها تُغذو طعاماً للطيور.

طُحِلَت الرنة الخزازي (من نوع كلاًدونيا) امتصت إشعاعات خطيرة من الهواء.



## سلسلة التلوث

في العام ١٩٨٦، انفجر المفاعل النووي في محطة القدرة في شيرنوبيل بأوكرانيا، فتلوث الهواء بجُزْءات ضخمة من الإشعاعات الخطيرة، امتصتها النباتات فسربت إلى السلسلة الغذائية. فالإشعاعات التي امتصتها طحالب الرنة، مثلاً، انتقلت إلى أيائل الرنة ومنها إلى البشر.

أيائل الرنة (رانجيفر تاراندوس) أكلت الخزاز المشع فغدا لحمها طعاماً غير صالح للأكل للإنسان.



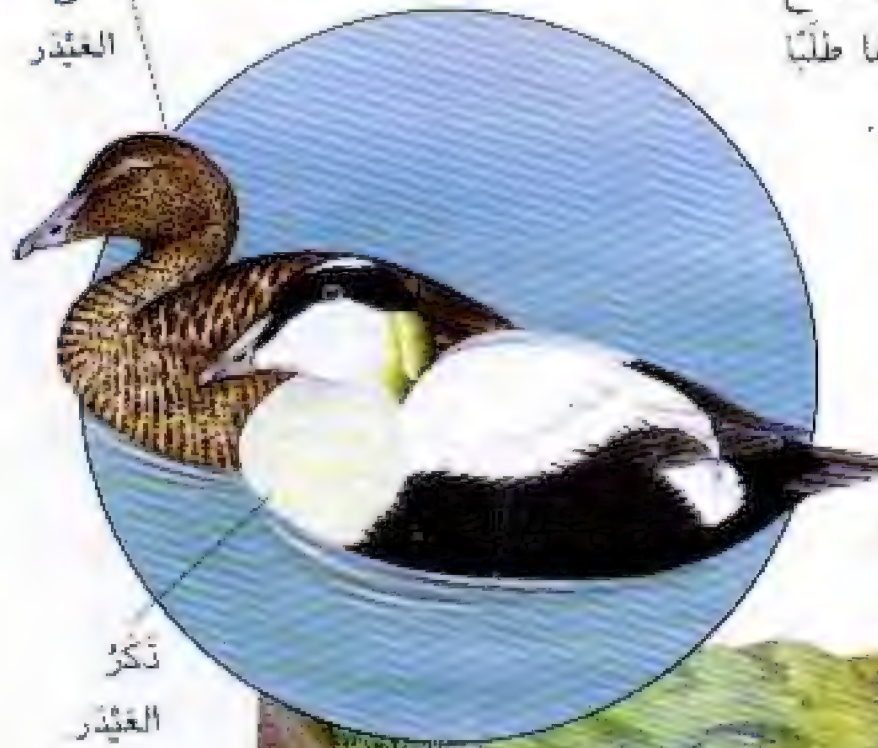
## ثيران المسك

تستوطن ثيران المسك (أوفيسوس موسكاثس) مناطق التندرا القطبية. وهي ذات كساء صوفي تُعزَّزُه طبقات سميكة من الدهن تحت الجلد. في الشتاء، تُسَرِّبُ الثيران بكسوة قوتية طويلة من الشعر الصامد للرياح. وتتجمع الثيران في حلق تتوسطها صغارها طلباً للدفء، وأثناء من الضواري.



## بط العنبر

في الصيف، يُهاجر بط العنبر (سوماتريا موليسينا) للتعشيش في المنطقة القطبية الشمالية. فيبطن الأنثى العش بريش زغبى تنفخه من صدرها لتخفظ به دفة البيض.



أنثى العنبر

ذكر العنبر

تحت سطح التندرا بقليل توجد طبقة دائمة التجمد تدعى الأرض الجُمُودِيَّة. في الصيف، تسوح التربة فوق الأرض الجُمُودِيَّة؛ لكن المياه لا تجد لها مخرجاً، فتتجمع فوق السطح مكونة بركاً مستنقعية.

## دراسة طبقة الأوزون

يقصد العلماء المطلقين القطبيين الشمالي والجنوبي لدراسة طبقة الأوزون. فيقومون بإجراء التجارب، على الأرض أو في مناطق، لاختبار تلوث الهواء وكمية الأوزون. إن مشكلة الأوزون فوق القطبين خطيرة تفاقمها ظروف الطقس القسوى. فمستويات الأشعة فوق البنفسجية العالية المنتشرة إلى الأرض تُضرُّ بالعوالق البحرية، فتعطل بدايات الكثير من السلاسل الغذائية.



## البطاريق

تستوطن البطاريق نصف الكرة الجنوبي من أرخبيل جلاباجوس حتى المناطق القطبية. وهي لا تستطيع الطيران، لكنها سباحة ماهرة تستخدم أجنحتها كزعانف لتجديف. وهي تلامز الشواطئ ليضع البيض وتربي الفراخ. والبعض منها كبطاريق الأديلي (پينجوسيليس أديلي) يسير إلى مواقع التعشيش أكثر من ٣٥٠ كم.

## لمزيد من المعلومات أنظر

- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخ ص ٢٤٤
- نظام النقل في البساتين ص ٣٤١
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧
- الهجرة والإصابات ص ٣٨١



## أخطار تهدد المناطق القطبية

بمَنَدُ خط أنابيب النفط عبر الاسكا مسافة ١٣٠٠ كم - مُتَجَنِّباً أماكن تعشيش الطيور النادرة، ومُجَسِّراً في أماكن أخرى لِيَسْمَحَ بمرور الحيوانات المهاجرة تحته. لكن إنشاء خط الأنابيب هذا أضرَّ بالبيئة وشوَّش طرق الهجرة التقليدية. كما إن الطرقات التي شُقَّت على مقربة من الخط فتحت المنطقة للصيادين المتخصصين.



## لاموس الترويج

تقضي اللواميس، كلاموس الترويج (لاموس لاموس)، معظم حياتها مستقرة بين النباتات أو متجسرة تحت سطح التربة. في الشتاء، تحفر اللواميس نفقا تحت الثلج كغازل يقيم من البرد القارس. ويتباين عدد اللواميس قلة أو إزدياداً - بالغاً أوجه كل أربع سنوات تقريباً.



# الجبال

مُنَاجِيًا، صُعودُ الجَبَلِ أَشْبَهُ بِالْإِنْتِقَالِ عَبْرَ الْأَرْضِ مِنْ خُطِّ الْإِسْتِوَاءِ إِلَى أَحَدِ الْقُطْبَيْنِ - تَعْبُرُ فِيهِ جَمِيعُ الْأَنْظِمَةِ الْبَيْئَةِ الرَّئِيسِيَّةِ مِنْ جِرَاجٍ فِي الْمُنْحَدَرَاتِ الْخَفِيزَةِ إِلَى سُهوبٍ عُشْبِيَّةٍ وَتَنْدَرَا وَتُلُوجٍ. وَتُجَابُهُ الْأَحْيَاءُ الْبَرِّيَّةُ فِي الْمُنْحَدَرَاتِ الْأَعْلَى دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْجُمُودِيَّةِ وَالرِّيَّاحِ الْعَاتِيَةِ وَالْهَوَاءِ الْمُخْلَلِ. وَتَنْمُو النَّبَاتَاتُ فِي تَجْمُعَاتٍ كَثِيفَةٍ ذَاتِ أَوْرَاقٍ غَلِيزَةٍ زَغَبَةٍ تَحْتَسِبُ الْحَرَارَةُ وَتَقَلُّلُ قَدِّ الْمَاءِ. وَيَغْلِبُ تَوَاجُدُ الْحَشَرَاتِ اللَّاجِنَاحِيَّةِ - كَوْنُ الرِّيَّاحِ الْقَوِيَّةِ لَا تُؤَاتِي الطَّيْرَانَ. وَبَعْضُ اللَّبُونَاتِ الْجَبَلِيَّةِ مُهَيَّأَةٌ بِقُلُوبٍ وَرَثَاتٍ كَبِيرَةٍ تُسَاعِدُهَا فِي الْحُصُولِ عَلَى كِفَايَتِهَا مِنَ الْأَكْسِجِينِ فِي جَوٍّ قَلِيلِ الْكثَافَةِ. وَغَالِيًا مَا يُغْطِيهَا كِسَاءٌ فَرُويٌّ يَقِيهَا شِدَّةَ الْبَرْدِ؛ وَقَدْ يَبْيَضُ لَوْنُ هَذَا الْكِسَاءِ شِتَاءً تَمُويَهَا لَهَا فِي بَيْئَةٍ



تَوَرُّعُ الْجِبَالِ الرَّئِيسِيَّةِ فِي الْعَالَمِ



## خُطُّ الشَّجَرِ

الارتفاع الذي يتوقف عنده نمو الشجر بسبب البرد القارس والرياح العاتية يُدعى خُطُّ (نُوم) الشجر. أما خُطُّ الثلج فهو الحافة السفلية للمنطقة المغطاة بالتلوج دومًا. ويعتمد ارتفاع هذين الخطين على القسَم كما على القُربِ أو البُعدِ عن خُطِّ الإسْتِوَاءِ.

## من الثلج والجليد

نَمُو الثَّلْجِ الْمُزْمَطِ (بانثيرا أنسيا) ذو كِسَاءٍ كَثِيفٍ يَحْفَظُ لَهُ يَفْتَهُ.



السُّنْزُ الْمَلْتَحِي (جيبينوس بارباتوس) يُخَلِّقُ مَعَ تَيَّارَاتِ الْهَوَاءِ السَّاحِنِ الصَّاعِدَةِ قُرْبَ الْقِمَمِ.



التَّنْدَرَا - صُخُورٍ عَارِيَّةٍ وَثَوْبَةٍ مُتَجَمِّدَةٍ.

تَوَرُّ النَّبَاتِ (بندوكاس نكسيكورا) ذو قُوَّاتٍ قَوِيَّةٍ وَحَوَافِزٍ كَبِيرَةٍ تُسَكِّنُهُ مِنْ سُلُوقِ الْمُنْحَدَرَاتِ الشَّدِيدَةِ الْإِنْجِدَارِ.



جَنَابَاتُ خَفِيزَةِ النُّمُو - كَالْوَرْدِيَّةِ (رودوندرون) وَالْغُرْغُرِ وَالْبَتُولَاءِ الْقَرْمَةِ.

البُنْدَا الْأَحْمَرُ (إيلورس فلجس) مُتَسَلِّقٌ مَاهِرٌ.



## الْمَنَاطِقُ الْجَبَلِيَّةُ

الْجِبَالُ عَمُومًا ذَاتُ نُطْقٍ عَزِيزَةٍ مُتَمَيِّزَةٍ، لِكُلِّ مِنْهَا نَبَاتَاتُهَا وَحَيَوَانَاتُهَا. فِي جِبَالِ الْهِمَالَايَا عَلَى الْخُدُودِ بَيْنَ النَّيَالِ وَالْهِنْدِ نَجْدُ غَابَاتٍ نَقْضِيَّةٍ دَافِتَةٍ فِي النِّطَاقِ السُّفْلِيِّ؛ يَلِيهِ نِطَاقٌ أَهْرَدٌ مِنَ الْجِرَاجِ الصَّنُوبَرِيَّةِ. وَيَقَعُ خُطُّ الشَّجَرِ عَلَى ارْتِفَاعِ ٣٤٠٠ مَ تَقْرِيْبًا. وَفَوْقَ هَذَا الْخُطِّ نَجْدُ فَقَطْ جَنَابَاتٍ وَجَنَابَاتٍ خَفِيزَةِ النُّمُو، تَتَدَمَّجُ مَعَ السُّهُوبِ الْعُشْبِيَّةِ وَالصُّخُورِ الْعَارِيَةِ تَحْتَ الْقِمَمِ الْمُغَطَّةِ بِالتَّلُوجِ.

سَهَبٌ عُشْبِيٌّ أَلْبِيٌّ - يَزْخَرُ بِالْأَزْهَارِ وَالْخَشَرَاتِ فِي الصَّيْفِ.

يَعِيشُ الْجَمَارُ الْبَرِّيُّ (اِكُوسُ هَمِيُونَس) فِي أَعَالِي السُّهُوبِ الْعُشْبِيَّةِ صَفِيْفًا، وَيَزْخَلُ إِلَى مَسْتَوِيَّاتٍ اخْفَضَ فِي الشِّتَاءِ.



غَابَةُ صَنْوَبَرِيَّةٍ بَارِدَةٍ - مِنْ أَشْجَارِ الْأُرْزِ وَالصَّنُوبَرِ وَالتَّنُوبِ.



لَنْغُورُ الْهِمَالَايَا (پرسپيتيس إيتلس) يَتَنَقَّلُ ضَعُودًا وَهَبُوطًا فِي الْجَبَلِ مَعَ تَغَيُّرِ الْفُصُولِ.

غَابَةُ نَقْضِيَّةٍ مُغْتَدِلَةٍ - مِنَ الْبَلُوطِ وَالْوَرْدِيَّاتِ الْخَلْجِيَّةِ (رودوندرون)

غَابَةُ نَقْضِيَّةٍ شَبِيْهِةٍ مُغْتَدِلَةٍ - مِنْ أَشْجَارِ السَّالِ وَالْأَرْجُونِ وَالسَّاجِ

## أَخْطَارُ تَهْدُدُ الْبَيْئَةَ الْجَبَلِيَّةُ

الْأَنْظِمَةُ الْبَيْئَةُ الْجَبَلِيَّةُ أَقْلُ تَعَرُّضًا مِنْ سِوَاهَا لِلْأَخْطَارِ الْمَائِلَةِ. فَالْكَثِيرُ مِنَ الْجِبَالِ غَدَا الْمَلْجَأِ الْأَخِيرَ لِأَنْوَاعٍ نَادِرَةٍ مِنَ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ. لَكِنْ بَعْضُ الْغَابَاتِ الْجَبَلِيَّةِ وَجُرُودِ الْجَنَابَاتِ طَالَتْهَا يَدُ التَّدْمِيرِ لِإِنْشَاءِ مُتَجَجَعَاتٍ وَمَرَافِقٍ لِلتَّرْلُجِ. وَفِي سَبِيلِ هَذِهِ الْإِنْشَاءَاتِ، مِنْ مِبَانِي وَطُرُقٍ وَمُنْحَدَرَاتٍ تَرْلُجٍ، تَبَادُ نَبَاتَاتُ جَبَلِيَّةٌ فَرِيدَةٌ وَتُجَرَّفُ ثَرَبٌ رَخْوَةٌ هَشَّةٌ - مَعَ مَا يَجْرُهُ ذَلِكَ مِنْ خَلَلٍ وَخَطَرٍ عَلَى الْأَحْيَاءِ الْجَبَلِيَّةِ الطَّبِيعِيَّةِ.



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْعُلُومَاتِ انْظُرْ

- المُنَاحُ ص ٢٤٤
- الثلج ص ٢٦٦
- الصَّنُوبَرِيَّاتُ ص ٣١٧
- اللُّونُ وَالشُّمُوبُ ص ٣٨٠
- مَنَاطِقُ الْقُطْبَيْنِ وَالتَّنْدَرَا ص ٣٨٢
- السُّهُوبُ الْعُشْبِيَّةُ ص ٣٩٢
- غَابَاتُ الْمِنَاطِقَةِ الْمُغْتَدِلَةِ ص ٣٩٦



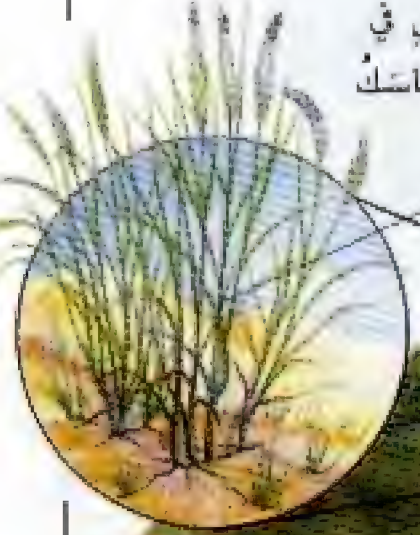
# الشَّوَاطِئُ



مَصَبَّاتُ الْأَنْهَرِ

تَلْتَقِي الْأَنْهَارُ بِالْبَحْرِ فِي مَصَبَّاتِهَا، وَقَدْ تُشَاهِدُ الطُّيُورُ الْخَوَاضَةُ كَالطُّيُورِ الْأَحْمَرِ السَّاقِينَ (تَرَنْجَا نَوْتَانَسْ)، سَائِرَةُ غَيْرِ الْمِيَاهِ الضَّخْلَةِ نَحْتًا عَنِ الْغَدَاءِ فِي الْوَحْلِ بِمَنَاقِبِهَا الطَّوِيلَةِ. وَمَصَبَّاتُ الْأَنْهَرِ كَبِيرَةٌ الْأَهْمِيَّةُ لِلطُّيُورِ الْمُهَاجِرَةِ شِتَاءً - إِذْ إِنَّ الْكَثِيرَ مِنْهَا يَقْطَعُ رِحْلَتَهُ عِنْدَهَا لِلرَّاحَةِ وَالْإِعْتِدَاءِ.

جُذُورُ التَّجِيلَاتِ الْبَيْفَةِ  
الرَّمَالِ (أَثُوفِيلَا أَرْنَارِيَا)  
تَمْتَدُّ تَحْتَ الرَّمْلِ فِي  
شَبَكَةٍ كَثِيفَةٍ يَتِمَّاسِكُ  
الرَّمْلُ بِهَا.



بَقْنٌ

غَائِقُ شَاغِي



طُيُورُ الْبَحْرِ كَالْغَائِقِ  
الشَّاغِي (فَالَاكُورُكُورَاكُوسُ  
أَرِسْتُوطَلِسُ) وَالبَقْنُ  
(فَرَاتِيكُولَا أَرَكْتِيكَا)،  
تُعْشَشُ عَلَى الْجُرْفِ فِي  
مَاقِنٍ مِنَ الْإِعْدَاءِ.

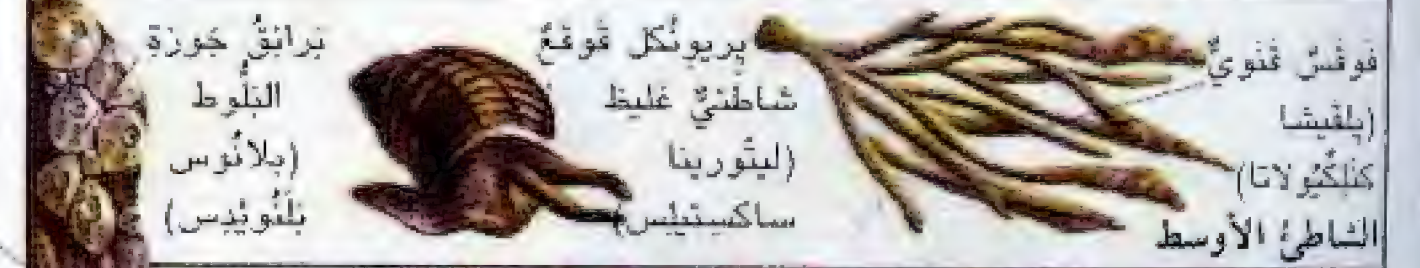


جَلَالَ النَّهَارِ، يَظَلُّ  
الشَّرْطَانُ الْمُقَنَّعُ (كُورِيَشِيَسُ  
كَاسِيَقِيلُونَسُ) قَائِمًا تَحْتَ الرَّمْلِ؛  
وَهُوَ يَنْتَقِشُ بِشَحْبِ الْمَاءِ غَيْرِ مَحْسَبِيَّةٍ  
الْأَنْبُوشِيِّ الشَّكْلِ الَّذِي يَبْرُزُ رَأْسَاهُمَا فَقَطْ  
إِلَى الْمَاءِ.

## الرَّمَالُ الْحَوَّلَةُ

تَحْتَ رَمَالِ الشَّاطِئِ تَتَوَاجَدُ كَائِنَاتٌ كَالذِّبْدَانِ  
وَالْمَحَارَاتِ مَحْمِيَّةٍ مِنْ ذَلِكَ الْأَمَاجِ وَمِنْ تَجْفَافِ  
الْهَوَاءِ عِنْدَ انْجِسَارِ الْمَدِّ. وَيَسْتَصْفِي الْكَثِيرُ مِنْ هَذِهِ  
الْحَيَوَانَاتِ فَتَاتِ الْغَدَاءِ مِنَ الرَّمْلِ وَمِنْ مَاءِ الْبَحْرِ.  
كَمَا تُغْطِي الطَّحَالِبُ الْمَجْهَرِيَّةُ سَطْحَ الرَّمَالِ أَوْ  
تَطْفُو فِي الْمَاءِ.

### الشاطئ الأعلى



## أَخْطَارُ تَهْدُدُ الشَّوَاطِئُ

قَدْ يَنْعَكِسُ إِشْنَاءُ الْفَنَاقِ وَالْمَطَارَاتِ، عَلَى  
الشَّوَاطِئِ، تَهْدِيدًا لِلْبَيْئَةِ الطَّبِيعِيَّةِ فِيهَا، إِذْ إِنَّ الْكَثِيرَ  
مِنَ الطُّيُورِ وَالزَّوَاهِفِ الَّتِي تَسْتَوِلُ (أَوْ تُعْشَشُ  
قُرْبَ) الشَّوَاطِئِ يُزَعِّجُهَا الضَّجِيجُ وَالْأَنْوَارُ  
الْمُشَاعِرَةُ. فَالْمَجَا (السَّلَاحِفُ الْبَحْرِيَّةُ) الضَّخْمَةُ  
الرَّاسِ (كَارْتَا كَارْتَا) الَّتِي تَقْصِدُ الشَّاطِئَ، فِي جَزِيرَةِ  
زَاكْسَسِ الْيُونَانِيَّةِ، لِيُوضَعَ الْبَيْضُ، قَلَّ تَعْدَادُهَا فِي  
الْمَنَاطِقِ السَّيَاحِيَّةِ، مِمَّا اضْطَرَّ حُمَاةُ الطَّبِيعَةِ إِلَى  
جَمَاعِيَةِ مَوَاقِعَ تَعْشِيشِهَا. كَذَلِكَ تَتَعَرَّضُ الشَّوَاطِئُ  
لِلْخَطَرِ مِنْ مَكَبَّاتِ الْقَاذُورَاتِ  
وَالْمَجَارِيرِ وَالْإِنْسِكَابَاتِ  
النَّفْطِيَّةِ حَوْلَ يَتِيهَا.



فُرْخٌ لِحَاةٍ ضَخْمَةٍ الرَّاسِ



الْمَحَارُ الثَّلِينِيَّةُ  
الرَّقِيقَةُ (تَلِينَا تُونِسُ) تَحْفَرُ فِي  
الرَّمْلِ مِنَ الشَّاطِئِ الْأَوْسَطِ إِلَى  
الْمِيَاهِ الضَّخْلَةِ. وَهِيَ تَسْتَقْبِلُ الْغَدَاءَ  
مِنْ قَاعِ الْبَحْرِ بِشَحْبِ مَاصٍ.



الْمَحَارُ الثَّلِينِيَّةُ  
الرَّقِيقَةُ (تَلِينَا تُونِسُ) تَحْفَرُ فِي  
الرَّمْلِ مِنَ الشَّاطِئِ الْأَوْسَطِ إِلَى  
الْمِيَاهِ الضَّخْلَةِ. وَهِيَ تَسْتَقْبِلُ الْغَدَاءَ  
مِنْ قَاعِ الْبَحْرِ بِشَحْبِ مَاصٍ.

نَطْلِينُوسُ  
(بَاتِيلَا إِنْفَرْمِيدَا)

## الْمَنَاطِقُ الشَّاطِئِيَّةُ الصَّخْرِيَّةُ

تَتَمَيَّزُ الْمَنَاطِقُ الشَّاطِئِيَّةُ الصَّخْرِيَّةُ عَادَةً  
بِأَصْنَافِ الطَّحَالِبِ الْبَحْرِيَّةِ النَّامِيَّةِ عَلَيْهَا.  
فَالطَّحَالِبُ الْخَضِرَاءُ تَنْمُو عَلَى مَقَرَّةٍ مِنْ أَعْلَى  
الشاطئِ، وَتَنْمُو الطَّحَالِبُ الْبَيْضُ عَلَى مَقَرَّةٍ مِنْ  
أَسْفَلِهِ. وَتُعْشِشُ حَيَوَانَاتٌ مُخْتَلِفَةٌ فِي كُلِّ مَنَاطِقَةٍ  
نَبْعًا لِمَدَى إِمْكَانِيَّاتِهَا الْعَيْشِ خَارِجَ الْمَاءِ.

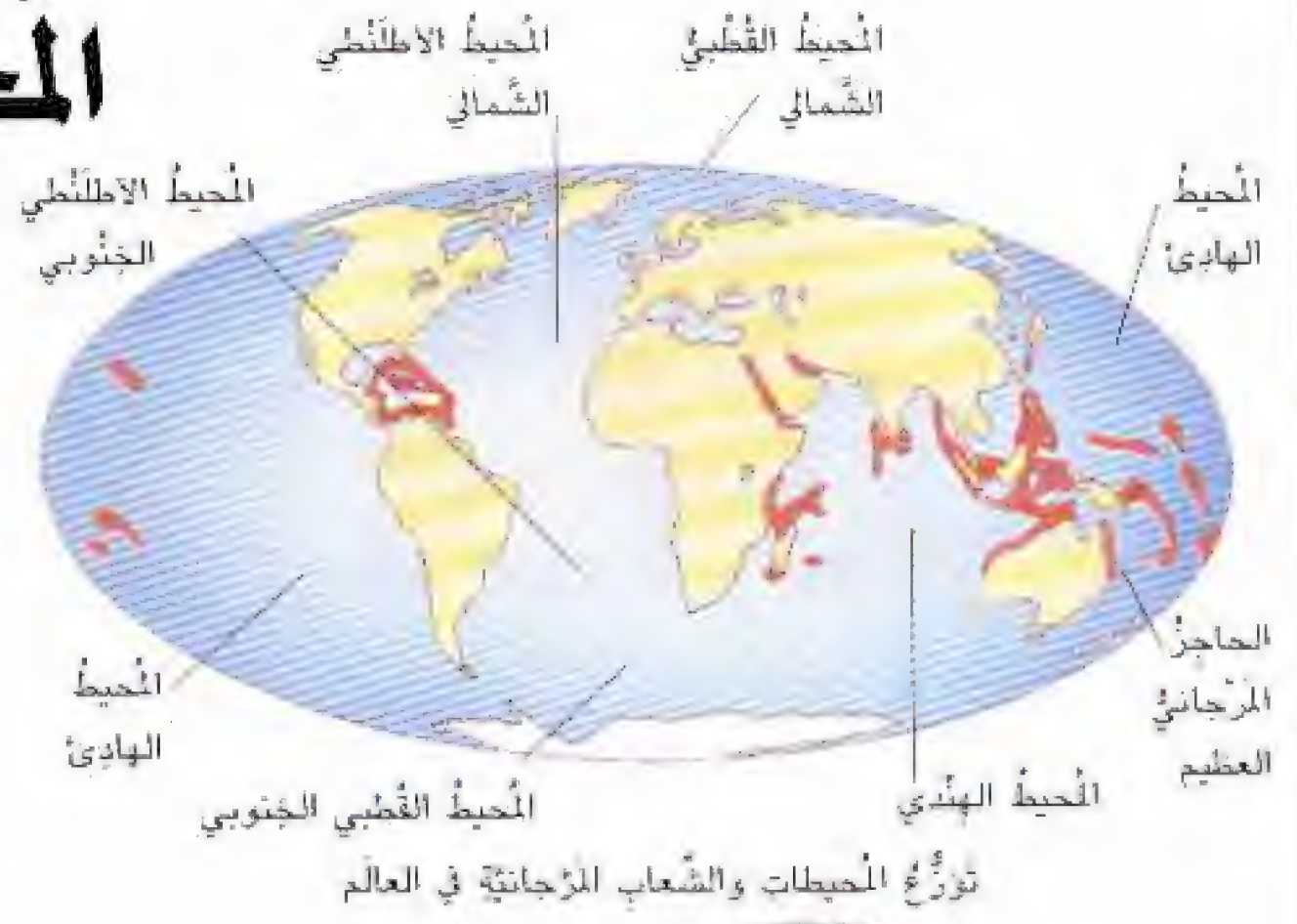
### لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- خَطُّ الْمَاجِلِ ص ٢٣٦
- الْهَجْرَةُ وَالْإِسْبَاتِ ص ٣٨١
- الْمُحِيطَاتِ ص ٣٨٦
- الْأَنْهَرُ وَالْبَحِيرَاتِ ص ٣٨٨
- خَفَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٤



# المحيطات

تُغطّي المحيطات ما يفوق ٧٠٪ من سطح الأرض - وهي بذلك تُؤلّف النظام البيئي الأعظم فيها. وتتواجد الأحياء في هذا النظام حتى عمق ٤ كم أو أكثر. وتتركز قيعان المحيطات بالمغذيات بفضل ما يتساقط إليها دوماً من فُتات الطعام ونجور الحيوانات وبقايا الكائنات المميّة من حيوان ونبات. وتتعدّد أنواع المَواطِن في المحيطات من صحارٍ رملية وجبالٍ ضخمة إلى شُعابٍ مرجانية ومياهٍ مفتوحة لمختلف التيارات. والمحيطات لا تحوي الكثير جداً من الأنواع؛ فلا تتجاوز أنواع الكائنات فيها ٢٠٪ من مجموع الأنواع الحيّة على الأرض - تسعة أعشارها تستوطن القيعان.



المحيطات مُتصلة بعضها ببعض، فتستطيع الحيوانات التنقل بينها. وقد يتسلّل المجال البيئي المعرّن نفسه نوع واحد من المتعضيات على نطاق عالمي.

المحيطات الأبرز أغنى بالعوالق النباتيّة بفضل توافر المغذيات الضرورية لعملية التخليق الضوئي، كالفسفور والنيتروجين، فيها.

معظم السلاسل الغذائية المحيطيّة تبدأ بالعوالق البحريّة في النطاق المضاء. فالعوالق النباتيّة، كالدياتوميّات (الطحالب الوحيدة الخلية) تُوفّر غذاءً للعوالق الحيوانيّة (الحيوانات الدقيقة). وتُشمل العوالق الحيوانيّة أعداداً كبيرة من يرقات بعض الحيوانات كالقُرَيْدِس والسرطان؛ وهي تُوفّر غذاءً لأنواع مختلفة من الأسماك. وهذه الأسماك بدورها تأكلها أسماك ولُبنونات بحريّة أخرى.



## النُطق المحيطيّة

هنالك نوعان رئيسيان من المَواطِن البيئيّة في المحيط هما الماء نفسه أي المَوطن البحريّ، والقعر أو المَوطن القاعي. ويُقسّم المَوطن البحريّ إلى عدّة نُطقٍ أعماقيّة. في الماء الرائق يصل ضوء الشمس إلى عمق ١٠٠ م تقريباً، أمّا في المياه الموحلة فقد لا يتلخّ المتر. وهذا النطاق الرقيق الذي تستطيع فيه النباتات القيام بعملية التخليق الضوئي، يُدعى النطاق المضاء. ويليه سَفْلاً، حتّى عمق حوالي ٢٠٠٠ م، نطاقٌ لُجِّي قليل الضوء جداً أو عديمه. أمّا نطاق الأعماق الغوريّة في المحيطات فقد يمتدّ إلى أكثر من ٦٠٠٠ متر عمقاً.

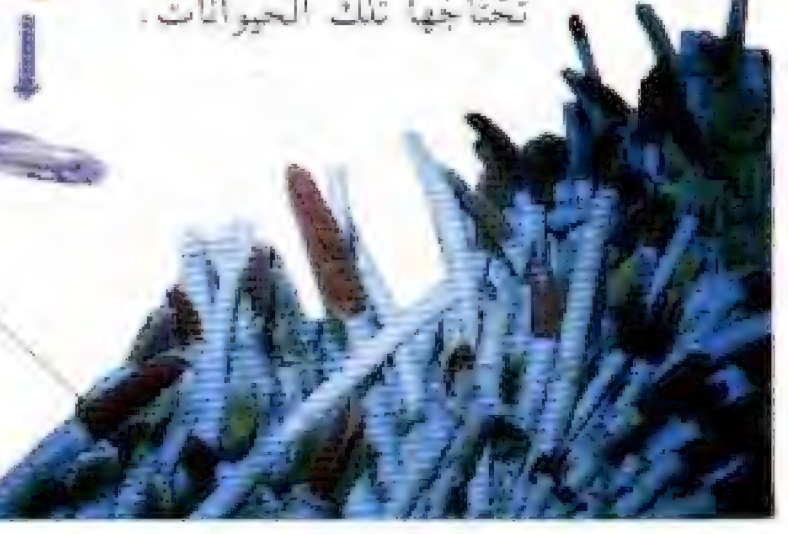
## كيمياويّات الأعماق

في قاع المحيط الهادئ تتواجد شقوق في القشرة الأرضيّة تنفجر منها مياهٌ حارّة، غنيّة بالمرَكَبات الكبريتيّة، عبر فتحات أنبوبيّة طويلة. وعلى مقربة من هذه الحمّات تعيش حيواناتٌ بامتصاص الكيمياويّات المُدابة في الماء؛ كما تقوم البكتيريا بتحويل هذه الكيمياويّات في أنسجتها إلى طاقةٍ تُحتاجها تلك الحيوانات.



السلسلة الغذائية قُرب فتحات هذه الحمّات تبدأ بالبكتيريا التي لا تحتاج ضوءاً لعملية التخليق الضوئي.

تعيش قُرب فتحات الأعماق الأنبوبيّة ديدانٌ عملاقة (ريفتيا ياكينثا) قد يبلغ طول الواحدة منها ٣ أمتار.



جيتان الغُجر (فيستر كُتودون) تُغذي بالسبيدج بضرورة رئيسيّة وباستطاعتها الغوص إلى عمق ١٠٠٠ م على الأقل بحثاً عن فرائسها. وتُستخدِم في ذلك نظام سُرّ بالضدى (سونار) بالغ الجُذوى للبحث عن الطعام في ظلمة الأعماق.



## إيجاد الطعام

إيجاد الطعام عسيرٌ في أعماق المحيطات المُظلمة. وهكذا تجد أسماك الأعماق، كسمك «أبو يَص» (ملاطوكوس جونسوني)، مهيأة بزوائد تولّد بها أضواءٌ تجتذب الفرائس، وينبعث ضخمه لاستيعاب أكبر كمية من الطعام.

أخاديد الأعماق المحيطيّة تُؤلّف ما يُسمّى النطاق الجهنمي. والمعروف أنّ الأخدود الأعماق هو أخدود مارياناس في المحيط الهادئ. ويبلغ عُقْقه ١١٠٣٤ م؛ أي إنّ بؤشجه استيعاب جيل إقرشت.



## الشعاب المرجانية

الحاجز المرجاني العظيم في أستراليا هو الشعب المرجاني الأصخم في العالم، وتحتوي الشعاب المرجانية أنواعاً عديدة من الحياة البرية - رغم أنه لا تتوافر مغذيات كثيرة في مياهها؛ فمُتَغذِّيات الشعاب تُعيد تدوير هذه المغذيات سريعاً جداً فلا يُهدَّر منها شيء. ويُقتَصِر عيش المرجانيات على المياه المالحة الدافئة النقية التي لا تزيد عمقها على ٣٠ م - حيث تصلها وفرة من نور الشمس. ونستوطن أجسام المرجانيات طحالب متنوعة تحتاج ضوء الشمس لتخليق غذائها. والشعاب المرجانية مُهدَّدة بأخطار التلوث والتعدين وارتفاع مستويات البحار بسبب ظاهرة الدفينات.



المياه الضحلة قرب القارّات تزخر بالمغذيات المتجمّعة من البحر. وتعمل العواصف على عرّج المياه رافعة المغذيات إلى سطح الماء.

يتكوّن الشعب المرجاني بترابكم هياكل المرجانيات غير آلاف السنين.

يبرز من القارّات تحت المحيطات طُفّ صَيّق من البر يُدعى الرّصيف وتولّف المياه الضحلة فوق هذا الرّصيف المنطقة تحت الشاطئية.

## جاك إيف كوستو

اشتهر الفرنسي جاك كوستو (١٩١٠-١٩٩٧) باستكشافاته تحت الماء. ففي أوائل العشرين طوّر رنة الغوص (التي تنفس تحت الماء)



بمُعاونة المهندس الفرنسي إميل جانيون، فشجّع ذلك الكثيرين على استكشاف المحيطات - بما زاد كثيراً في معارفنا عن الحياة في أعماق البحار. كذلك ساعد كوستو في تطوير كاميرا صابغة للماء، وأنتج عدّة أفلام تُصوّر الحياة تحت الماء - من ضمنها «العالم الصامت». وقد قام كوستو بحملات مُضادة لأعمال التعدين في القارة القطبية الجنوبية.

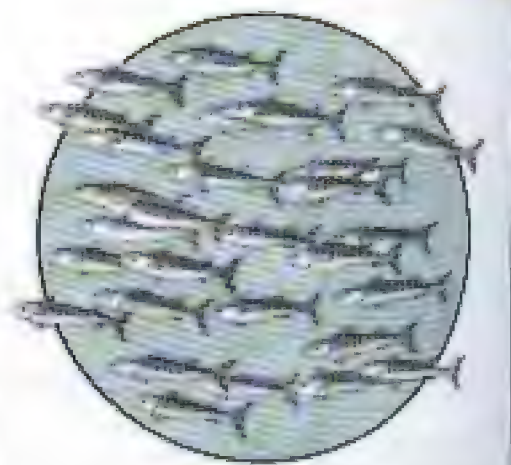


يجري شعظم صيد السمك في المياه الضحلة على قُرْبَيّة من خواف القارّات.



## لبونات المحيطات

تعيش الحيتان، أضخم حيوانات الأرض، في المحيطات - حيث المدى المائي الشاسع. لتتحركها وغوصها وحمل أجسادها الضخمة. وتستطيع الحيتان، وهي من اللّيونات، البقاء تحت الماء مُدّة ساعة تقريباً. وعندما تصعد إلى سطح الماء يلتنّس تزيّر الهواء المُستهلك وبخاره المُتكَاثف غير يتحرّج في أعلى الرأس بأنفاس نافوري، ثم تأخذ هواءً نقيّاً.



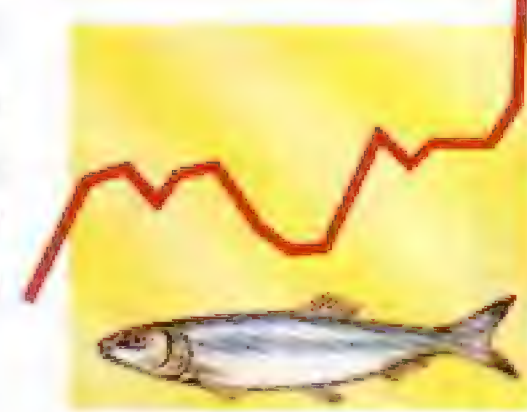
## أسراب السمك

تسبح الأسماك، كالأسقمري (سكمر سكمرس) قرب السطح في المياه الضحلة. وهي تستضيئ نَفَق الغذاء الصغيرة من الماء بأشواط خباثيمها الفرجونية الشكل.

## أخطار تُهدّد المحيطات

أخطر ما يُهدّد النُظُم البيئية المحيطية هو التلوث بالنُظُم وأقذار المجاري والتفاريات الصناعية. كذلك فإنّ التزايد المُطرّد في أعمال ووسائل صيد الأسماك والحيتان وغيرها، نتيجة لتكاثر سكان العالم وكثرة الطلب على المواد الغذائية، غذا يُهدّد بقاء الأحياء المائية ومُصيرها - حتى إنّ الأسماك انعدمت في بعض المناطق. فالشباك المثبتة التي تُنصب على مدى ٦٠ كم عبر المحيط والتفتيات الحديثة المُستخدَمة في الصيد فلما تُترك للأسماك مجالاً للإفلات. لكنّ بعض البلدان أخذت تُحدّد كمّيات الأسماك المُسموح صيدها؛ وبعض هيئات الحماية تُقرض استخدام شباك واسعة الثقوب تسمح للأسماك الصغيرة بالإفلات لتكوين الجيل التالي.

انخفضت أعداد شباك الرنكة بشكل لافت في العشرين سنة الأخيرة.



## لمزيد من المعلومات انظر

- الكبريت ص ٤٥
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- قناديل البحر والشقائق البحرية
- والمرجانيات ص ٣٢٠
- الأسماك ص ٣٢٦
- اللّيونات ص ٣٣٤
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الاغتناء ص ٣٤٣



# الأنهار والبحيرات

المياه الراكدة في البرك الصغيرة والبحيرات الضخمة، كما المياه الجارية في الجداول الجبلية والأنهار العريضة، كلها نظم بيئية من المياه العذبة. بعض هذه المنظومات موسمي التغير، وبعضها يتغير باستمرار. فالطقس والعوامل الطبيعية، كالتحات، تؤثر في كمية المياه في كل منطقة. فالأنهار تُغير مجاريها، وبحيرات جديدة تتكون؛ وهذه قد تمتلئ بالمواد الغرينية المترسبة وتتحوّل إلى أرض جافة. وبعض هذه البرك والجداول النهرية لا تظهر إلا شتاء فتستوطنها جماعات بسيطة فقط. أما الأنهار والبحيرات الكبيرة فتضم مجموعات حيائية معقدة تنامت وتطوّرت على مدى مئات السنين.

غلة الخيل  
(هيتويس)  
سنجوبشوجا)  
تلصق شفاتها  
بالجارية،  
وتغذي بالديدان  
ويرقانات الحشرات  
والقواقع.



جدول جبلي سريع

التروية البنية  
(سلموتروفا) تفضل  
المياه الباردة الوفيرة  
الأكسجين. وهي سباحة ماهرة تستطيع  
السباحة ضد التيارات القوية.

المزمارات البالغة  
تضع بيوضها فوق  
النبت. لكن يرقاتها  
(الحواري) تظل في  
الماء حتى تتحوّل إلى  
حشرات بالغة.



الرؤاف الآسيوي الأوروبي (السيدو آتيس)  
يعيش في جحور بصفاف الأنهار. ويغوص في  
الماء قرابة ١٠٠ مرة يوميًا لاصطياد السمك.



نهر فتي سريع



توفر نبتة لسان  
الحمل المائية (اليزما)  
يلتصق بأكوتيكيا)  
ملجأ للطيور، إذ  
تنمو إلى علو متر تقريبًا.



نهر بطيء بالغ



تعلم النيفا العريضة الزرق  
(نيفا لاتفوليا) إلى أكثر من  
مترين - فلا تضيئها ارتفاع  
منسوب الماء.

القضاعة أو ثقل الماء (لوترا لوترا)  
تد أقدام مكففة الأصابع تساعد في  
السباحة تحت الماء. كما يمكنه غلق  
أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.



## الأنهار المدارية

يعيش يمساح الكيمن الأسود  
(ميلانوسوكس نيجر) في  
نهر الأمازون بأمريكا  
الجنوبية. وهو اللاجم  
الأعنى في نظامه البيئي، إذ  
يلتهم كل شيء، من الأسماك حتى  
الخنائير البرية. لكنه الآن معرض للانقراض  
بفعل وسائل الصيد البشري التي تلاحقه.



## بحيرة الأرقام القياسية

بحيرة بيكال، بسبيرييا، هي أقدم وأعمق  
بحيرة مياه عذبة في العالم، إذ يبلغ عمقها  
١٦٦٢٠ م، ويتجاوز عمرها ٢٥ مليون سنة. وتضم  
البحيرة أكثر من ١٠٠٠ نوع من الحيوانات غير  
المعروفة في أي مكان آخر في العالم. ومن  
المؤسف أن هذا النظام البيئي العظيم مهدد  
بالتلوث من فضلات المصانع والمدن  
والزراعات القائمة حول البحيرة.



تقام السدود غير  
الأنهار لتخزين  
المياه وتوليد  
الكهرباء أو لمنع  
الفيضانات، وقد  
تغير القرى  
والأراضي الزراعية  
بالبحيرات المتكونة.



## أخطار تهدد الأنهار

إنشاء السدود غير الأنهار يكون بحيرات ضخمة  
تغير طبيعة النهر. وتوفر البحيرات المتكونة  
موطناً بيئياً جديداً للأسماك، لكنها تضر  
مصاعب حياتية لبعض الحيوانات والنباتات  
الأخرى. كذلك، فإن السدود - كسد أسوان  
غير نهر النيل، بمصر - توقف تدفق الطمي  
على امتداد النهر. وكان الطمي فيما مضى يعمّر  
الأراضي الزراعية ويخصب التربة.

### لمزيد من المعلومات انظر

- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- الأنهار ص ٢٣٣
- الديدان ص ٣٢١
- المفصليات ص ٣٢٢
- الأسماك ص ٣٢٦
- الزواحف ص ٣٣٠
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧



# الْمَنَاطِقُ الرُّطْبِيَّة

تُغَطِّي الْمَنَاطِقُ الرُّطْبِيَّة - من الْمَنَاقِعِ الْعُشْبِيَّةِ وَالسَّيْبَخَاتِ الْخُثِّيَّةِ وَالْمَغَائِضِ الدَّغْلِيَّةِ، الْعَذْبَةِ أَوْ الْمَالِحَةِ الْمِيَاهُ - قُرَابَةً ٦٪ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ. وَتَوْلَّفُ عَلَى اخْتِلَافِهَا بَعْضًا مِنْ أَغْنَى النُّظُمِ الْبَيْئَةِ فِي الْعَالَمِ. فَهِيَ الْأَكْثَرُ إِنتَاجًا لِلْمَوَادِّ الْبَنَاتِيَّةِ بَيْنَ تِلْكَ النُّظُمِ، وَتَسْتَوِطِنُهَا مَجْمُوعَاتٌ مُتَنَوِّعَةٌ مِنْ صِغَارِ اللَّبُونَاتِ وَمِنْ الطُّيُورِ وَالْحَشَرَاتِ وَاللَّافَقَارِيَّاتِ الْآخَرَى. وَتَقْصِدُهَا أُسْرَابُ الطَّيْرِ الْمُخْتَلِفَةِ لِلتَّعْشِيشِ حَيْثُ الْأَعْدَاءُ قَلِيلَةٌ فِيهَا، فَالضُّوَارِي الْكَبِيرَةُ تَغْوِصُ فِي تَرْبَتِهَا الرُّخْوَةِ وَتَتَعَطَّلُ حَرَكَتُهَا. وَيَسَبِّبُ تَغْيِيرُ مُسْتَوِيَّاتِ الْمَاءِ فِي الْمَوَاسِمِ الْمُخْتَلِفَةِ يَنْبَغِي لِلْأَحْيَاءِ الْبَرِّيَّةِ، هُنَا، التَّاقُلُمُ لِلْعَيْشِ فِي ظُرُوفِ الرُّطْبِيَّةِ وَالْجَفَافِ السَّائِدَةِ.

## أَيُّ الْمَنَاقِعِ (سَيَاتُنْجَا)

أَيُّ الْمَنَاقِعِ (تَرَايِيلَافُوس) سِيكِي (الإفريقي ذُو أَظْلَافٍ مُفْلَطَةٍ لَا تَغْوِصُ فِي الْأَرْضِ الْمُنْقَعِيَّةِ. وَهُوَ سَبَّاحٌ مَاهِرٌ؛ وَيَمَكِّنُهُ إِذَا دَاهَمَهُ الْخَطَرُ، الْغَطْسُ فِي الْمَاءِ فَلَا يَظْهَرُ مِنْهُ إِلَّا ظَرْفُ أَنْفِهِ لِلتَّنَفُّسِ.



خُرُوفُ الْبَحْرِ لَبُونٌ مَائِي الْعَيْشِ يَتَنَفَّسُ الْهَوَاءَ، وَقَدْ يَبْقَى تَحْتَ الْمَاءِ قُرَابَةً ١٥ دَقِيقَةً قَبْلَ أَنْ يَطْفُوَ لِلتَّنَفُّسِ.



تَطِيرُ غَرَّاشَةُ الرُّزْدِ (هَلِيكونيوس تَشَارِيَتُونيوس) بَطْنِيَّةً بِأَجْنَحَتَيْهَا الطَّوِيلَةِ الضَّيْفَةِ، وَتَجْمَعُ جَمَاعَاتٍ كَبِيرَةً مِنْهَا لِيَلَا فَوْقَ الْقَسَالِيحِ الْجَزْدَاءِ.



أَعْشَابٌ مُنْشَارِيَّةٌ (مُسْتَنَّةُ الْوَرَقِ) تَنْتَبِزُ بَيْنَهَا تَجْمُعَاتُ شَجَرِيَّة

سَرُوُّ اجِرْدُ قَزَم (تَاكْسُودِيوم دِيَشْتِيكُوم)

يَنْمُو صُنُوبُزُ الْمَنَاقِعِ (يُونُوسُ الْيُونُيُّ) وَالنَّخِيلُ الْمُسْتَنُّ الشَّعْبِ (سِرْتُونَا رِيُون) عَلَى الْمُرْتَفَعَاتِ.



مُكَاسِبِي الْمَاءِ (أَغِيكْسْتَرُون) بِيَشْفُورَس) خِيَّةٌ أَمْرِيكِيَّةٌ سَاهِيَّةٌ تَنْصَيِّدٌ لِيَلَا.



سَمَكٌ أَبُو مِقْقَار (لِيَسْمُوسِيُون) ذُو خِيَاشِيمٍ لِلتَّنَفُّسِ تَحْتَ الْمَاءِ، لَكِنَّهُ يَسْتَطِيعُ أَيْضًا تَنْفَسُ الْهَوَاءَ إِذَا جَفَّتِ الْمِيَاهُ.



دَلِيلُ الرَّمَزِ اللَّوْنِي

- ماء
- خُثٌّ مُنْقَعِي
- طَفْلٌ بُخَيْرِي
- وَحْلٌ بُخَيْرِي
- خُثٌّ



## مَثَلٌ عَلَى التَّعَاقُبِ الْبَيْئِيِّ

قَدْ تَكَوَّنَ السَّيْبَةُ الْخُثِّيَّةُ، حَيْثُ تَزْخُرُ الْبَحِيرَةُ بِالْوَحْلِ وَالنَّبَاتَاتِ كَمَا يَلِي: (١) مِيَاهُ الْبَحِيرَةِ صَافِيَةٌ وَالْوَحْلُ فِي الْقَاعِ. (٢) يَنْجُمُّ الْوَحْلُ حَوْلَ جُذُورِ النَّبَاتَاتِ. (٣) تَنْمُو الطَّلْحَالُ الْحَزَازِيَّةُ وَتَتَرَكَّمُ زَوَابِي مِنَ الْخُثِّ. (٤) تَزُولُ الْبَحِيرَةُ وَيَبْقَى مَكَانُهَا قُبَّةً مِنَ الْخُثِّ.

## سَيْبَخَاتُ فُلُورِيدَا الْحَرَجِيَّة (الْإِفْرَجِيلِدَن)

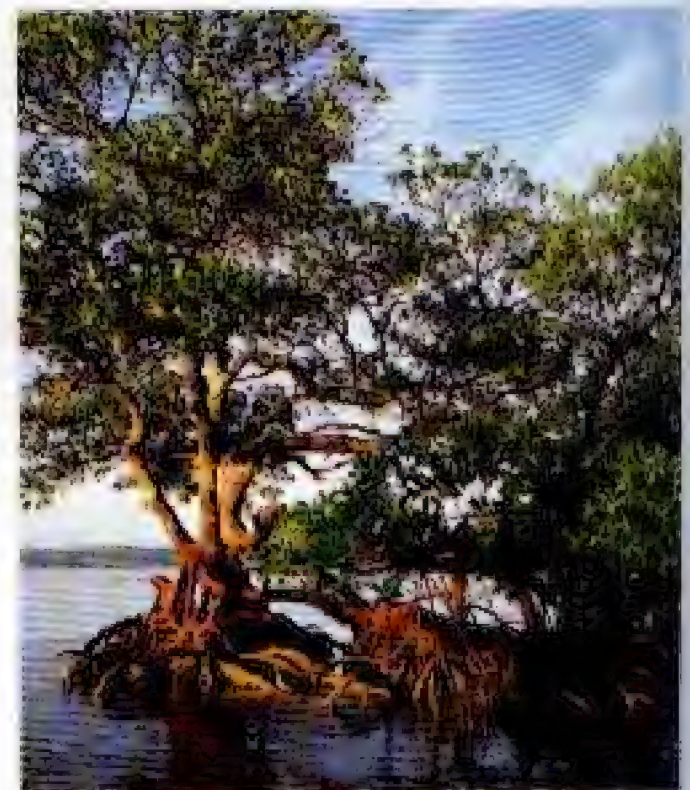
فِي الطَّرَفِ الْجَنُوبِيِّ مِنْ وَلايَةِ فُلُورِيدَا بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ، تَوْجَدُ مَنَاطِقٌ شَاسِعَةٌ (حَوَالِي ١٣٠٠٠ كم<sup>٢</sup>) مِنْ سَيْبَخَاتِ الْجَرَاكِ السَّرُوبِيَّةِ تَسْتَوِطِنُهَا أَنْوَاعٌ نَادِرَةٌ كَخُرُوفِ الْبَحْرِ (تْرِيكْيُوس مَانَاتُس) وَالْكُؤُجَر (فِيلِيْس كُونْكُولُور كُورِي). وَهِيَ الْآنَ مُتَزَرَّةٌ قَوْمِيَّةٌ؛ لَكِنَّهَا مُهَدَّدَةٌ بِالْكِيمَاوِيَّاتِ الرُّزَاعِيَّةِ وَالتَّجْفِيفِ وَالتَّلَوُّثِ وَالسَّيَاحَةِ - فَالْقَوَارِبُ السَّرِيعَةُ تَقْتُلُ أَكْثَرَ مِنْ ١٠٠ خُرُوفٍ بِحَرِّ سَرُوبًا.



النَّمَسَاخُ الْأَمْرِيكِيُّ (الْبِيَجِيْتُورُ الْمِيسِيْسِي) أَكْثَرُ الرُّوَاكِفِ فِي أَمْرِيكَا الشَّمَالِيَّةِ وَأَعْلَاهَا خَوَارًا - فَبِالرَّبِيعِ تَجَارُّ الذُّكُورُ عَالِيًا لِاجْتِدَابِ الْإِنَاثِ.

## شَجَرُ الْقَرَامِ (الْمَنْغْرُوف)

أَكْثَرُ الْأَشْجَارِ شُبُوعًا فِي مَنَاقِعِ الْمِيَاهِ الْعَذْبَةِ أَوْ الْمَالِحَةِ الْإِسْتَوَائِيَّةِ هِيَ أَشْجَارُ الْقَرَامِ (الْمَنْغْرُوف). فَهِيَ تَسْتَطِيعُ الْعَيْشَ فِي الْوُحُولِ الْمُشْبَعَةِ بِالْمَاءِ بِفَضْلِ مَسَامٍ التَّنَفُّسِ فِي جُذُورِهَا. وَبَعْضُ الْقَرَامِ ذُو جُذُورٍ هَوَائِيَّةٍ (فَوْقَ الْمَاءِ) تَحْصُلُ عَلَى الْأَكْسِجِينِ. وَيَنْمُو الْقَرَامُ الْأَحْمَرُ (رِيْزُوفُورَا مَانْجِل) فِي السَّيْبَخَاتِ السَّاحِلِيَّةِ وَمَصْبَآتِ الْأَنْهَارِ، فَيَحْمِيهَا مِنَ الْعَوَاصِفِ وَأَمْوَاجِ الْمَدِّ.



## لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الضَّغْطُ ص ١٢٧
- الرُّوَاكِفُ ص ٣٣٠
- اللَّبُونَاتُ ص ٣٣٤
- الْغُلَافُ الْخَيُونِي ص ٣٧٠
- الْحَيَاةُ الْبَرِّيَّةُ فِي خَطَرٍ ص ٣٩٨



# الصحاري

الصحاري أكثر المناطق جفافاً على الأرض، إذ يقلُّ معدّل المطر السنوي في معظمها عن ١٠ سم؛ وقد تُحبس الأمطار في بعضها تماماً مدى عدّة سنوات. والصحاري في غالبيتها حارة بحيث إنّ ما يتبخّر من مائها إلى الهواء أكثر ممّا يسقط عليها من مطر. وتُجابه النباتات الصحراوية هذه الظروف بجذور غائرة أو واسعة الانتشار، إضافة إلى قشور لحائية عاسية وأوراق صغيرة أو شوكية ووسائل خاصة أخرى لاختزان الماء. أما الحيوانات الصحراوية فالكثير منها لا يشرب مُكْتَنِياً بما في طعامه من ماء. ونتيجة لقلّة أنواع النبات والحيوان في الصحاري فإنّ التربة شحيحة التزوّد بالمُخصّبات من فضلات الكائنات الحيّة وبقاياها؛ كما إنّ هذا القليل من المُغذّيات يستغرق وقتاً طويلاً لإعادة تدويره في النظام البيئي.



## الصحراء في النهار

درجات الحرارة، نهاراً، في الصحاري الحارة، قد تزيد على ٥٠°س؛ وقد تبلغ درجة حرارة الرّمْل السطحي فيها ٩٠°س. لذا تلجأ معظم الحيوانات إلى جحورها أو تستظل تحت الصخور حيث الهواء أبرد وأرطب. والمساءً في معظم نباتات الصحاري تظلُّ مُثْقَلَةً خلال النهار لِلماء؛ وبعض هذه النباتات ذو أوراقٍ شعريّة تعكس ضوء الشمس القوي.



أدنا ثعلب الفنك (فليس زرداً) الكبيرتان تُساعدانه في سماع صوت أخفّ حركة لقرصة في الجوار. كما تعمل الأذنان على تبريد الثعلب بابتعاثهما الحرارة كمشيعة.



الثعلب القمي (فليس مَكروبيس) يخرج للصيد ليلاً؛ وهو سريع الغدو يقبض الحيوانات الصغيرة قبل أن تتججّر في جحورها.

## التطوّر المتقارب

الحيوانات التي تعيش في مواطن بيئية مُتماثلة في أنحاء مُختلفة من العالم غالباً ما تكون مُشابهة - كما هي الحال في الثعلب القمي بأمريكا الشماليّة وثلّيب الفنك في إفريقيا. ذلك لأنّ كلا النوعين تكيف للعيش في نظام بيئي من النمط نفسه - حيث الظروف البيئية مُتماثلة؛ فلا غرابة أن يكون التطوّر مُتقارباً.



غظاء الشكولا (شورومالس أوبس) تتشمس صباحاً حتى تدفأ وتنشط فتنتقل بحثاً عن أزهار أو ثمار أو بُزور تأكلها.

بفضل رجليه الخلفيتين القويتين يستطيع الأرنب الأمريكي الأسود الذيل (البيس كاليفورنيكس) القفّر مُبتعداً عن الخطر بسرعات قد تبلغ ٥٦ كم/سا.

الجُرذات القنغرية (ديبودوميس برزتي) تحصل على كفايتها من الماء عن البزور التي تأكلها، وهي تحمل البزور إلى جحورها في جيوبها الخفية.



## التمنّج المجازب

العديد من أفاعي الصحاري الرملية كهذه الأفعى الجانبية التمنّج (بايس برنجوي)، تتقلّب بقلوبها فوق الرّمْل في تمّنجات قوسية مُجاذبة (على شكل «S») لا أمان. ومزّة هذا النمط من الانتقال هي أنّ جُرّاب فقط من جسم الأفعى يلامس سطح الرّمْل الحارّ كلّ مرّة؛ كما إنّ ثقل الثقل هذا يجعل من غير المُحتمل أن تفرض الأفعى في الرّمْل الزخرف.

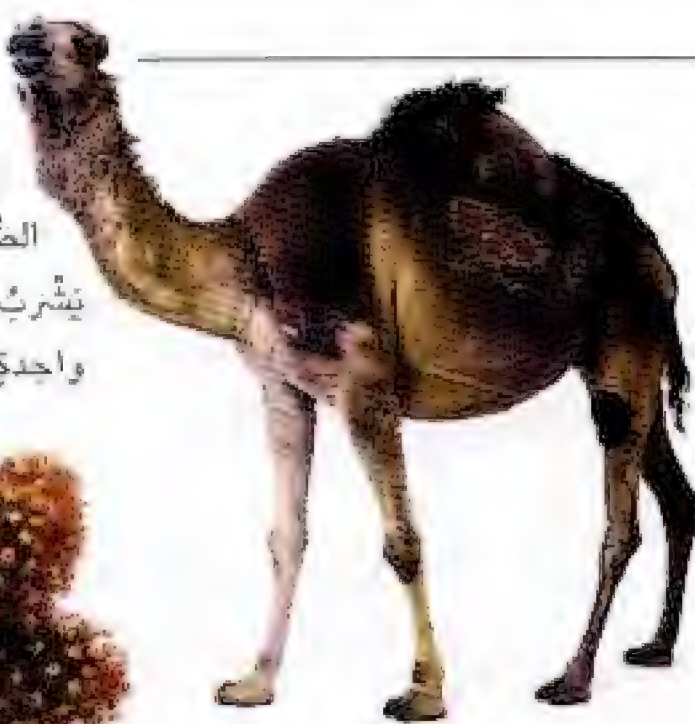
الجمل العربي الأحادي الشّنام (كيلوس دروميداريوس) يُمكنه الصّمود أسابيع دون ماء. وهو قد يشرب قرابة ١١٤ ليترًا من الماء في سغّيًا واحدة.



يفقد النبات معظم مائه غير الأوراق؛ لذا فإنّ أنواع الصّبار كالمليلاريا إيلونجاتا، لا تحمل أوراقاً، بل أشواكاً تخمّيها من أن تؤكل. ويخترن الصّبار الماء في جذوعه الغليظة.

## صهاريج التخزين

تُجابه النباتات والحيوانات الصحراوية ضرورة التكيّف للعيش عبر فترات جفاف طويلة. فبعض الحيوانات يخترن الدهن في أنسجة جسده - وهذا الدهن يُمكن تمكّكه لتوفير الطاقة والماء عند الحاجة.



يخترن مشخ هيل (هلوبرما سشيكتم) الدهن في ذيله الغليظ، ليستعين به على تجاوز الفترات العصيبة.







# السُّهوبُ المَرْجِيَّةُ الطَّبِيعِيَّةُ

المَنَاطِقُ الفقيرةُ التُّربةَ والشديدةُ جفافِ المُنَاحِ يَقتَصِرُ النَماءُ النَّباتيُّ فيها على الأعشابِ وبعضِ الجَنَباتِ والشَّجَرِ، وتُدعى سُهوبًا مُعشِبةً. وتولَّفُ الأعشابُ بِداياتِ الكثيرِ من السَّلاسلِ الغذائية؛ وهي، بِخلافِ الشَّجَرِ، تحتَمِلُ قُصَمَ العاشباتِ لأنَّها تَنمو من القاعِدةِ لا من الأطرافِ. وكُلُّما قُصِمَتْ يَتَشَعَّبُ نَماءُها ويتزايدُ. كذلك فإنَّ الأعشابَ سُرْعانَ ما تَسْتَعِيدُ حيويتها وانتشارها بعدَ الحرائقِ الكثيرةِ الحُدوثِ في هذا النِّظامِ البيئيِّ. وتُضطرُّ حيواناتُ السُّهوبِ في مَواسِمِ الجفافِ أو البَرْدِ إلى الإرتحالِ مَسافاتٍ طويلةٍ في طَلَبِ كفايتها من الماءِ والطَّعامِ لِلعِيشِ.



الرَّافِقُ (جيراڤا)  
كاملوبارداليس) تَغْتَذِي  
بأوراقِ الشَّجَرِ حتَّى علو ٦  
أمتارٍ عن سطحِ الأرض.



## طعامٌ للجميع

السُّهوبُ العُشْبِيَّةُ في المَنَاطِقِ المَدَارِيَّةِ بِشَرْقِ إفريقيا تُدعى السَّافانا. وفيها يعيشُ أَكْثَرُ من ٤٠ نوعاً من الرِّاعيَّاتِ اللَّبُونَةِ تتقاسمُ الغذاءَ، ويتوافرُ عادةً ما يَكْفِي من الرُّعيِّ لِتِلْكَ الحَيواناتِ - إذ إنَّ مُختلفَ الأنواعِ تَغْتَذِي بِمُختلفِ أَجزاءِ الأعشابِ والجَنَباتِ والشَّجَرِ. فحُمُرُ الرُّزْدِ، مثلاً، تَأْكُلُ رؤوسَ السُّوقِ العُشْبِيَّةِ ونباتاتِ النَّو تَأْكُلُ أواشيظها وغزلانُ طومسون تَأْكُلُ أسافلها. وتُرَكِّزُ طِبَاءُ الدَّقْدِقِ الصَّغيرةِ على الجَنَباتِ الخفيفة؛ في حين تَغْتَذِي الرَّافِقُ بأوراقِ وعُساليجِ الشَّجَرِ العاليةِ.



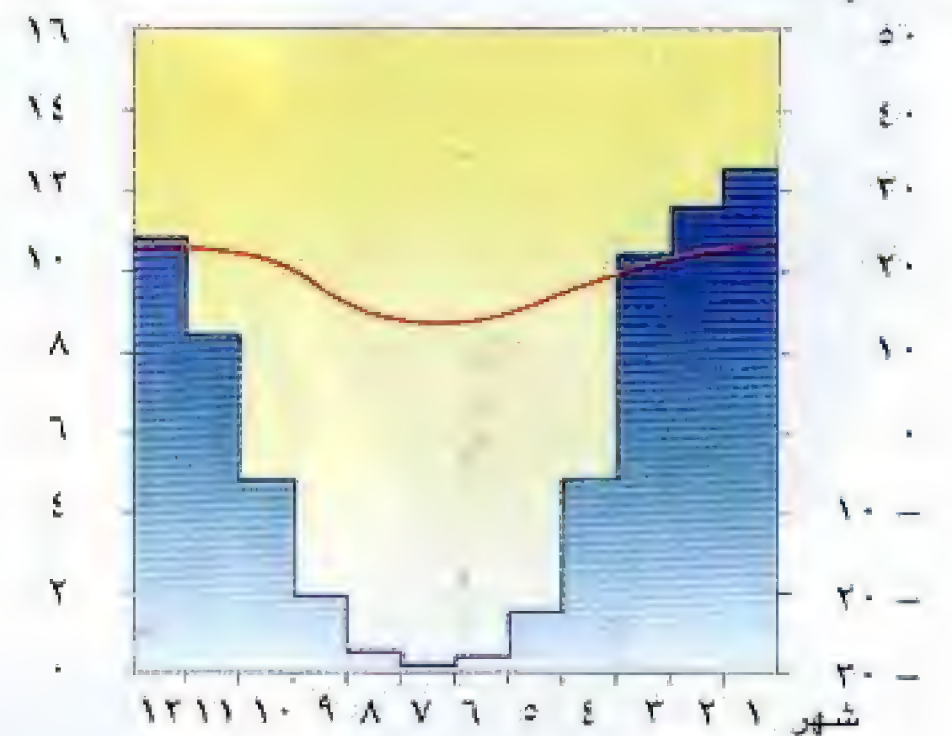
طِبَاءُ الدَّقْدِقِ الصَّغيرةِ تَغْتَذِي  
أوراقِ الجَنَباتِ الطَّرِيَّةِ،  
بخاصَّةِ فُروعِ السَّنطِ الطَّرِيَّةِ.

حُمُرُ الرُّزْدِ تَغْتَذِي بِرؤوسِ  
الأعشابِ القاسِيَةِ الخَشِنةِ،  
وتشَبُّ التُّربةَ في طَلَبِ الجُذورِ.

المُعَدَّلُ الشهريُّ لدرجاتِ الحرارةِ وكميَّةِ المَطَرِ في هازار، زِمبابوي (روديسيا سابقاً)

كميَّةُ المَطَرِ - بالسَم

درَجَةُ الحرارة - °س



## المُنَاحُ

السُّهوبُ المَدَارِيَّةُ داخِلَةٌ على مَدَارِ السَّنَةِ، لَكِنَّ فَضْلَ الصَّيْفِ جافٌ طَوِيلٌ. أمَّا سُهوبُ المَنَاطِقِ المُعَدَّلَةِ فَيُنتَاجُها بارِدٌ جَدًّا مع ثَوَباتٍ صَفِيعِ قاسية، وصيفُها حارٌّ جافٌ. ويَبِينُ المُحَظُّ أعلاه مُنَاحَ مَدِينَةٍ في السُّهوبِ المَدَارِيَّةِ.

## الضَّواري

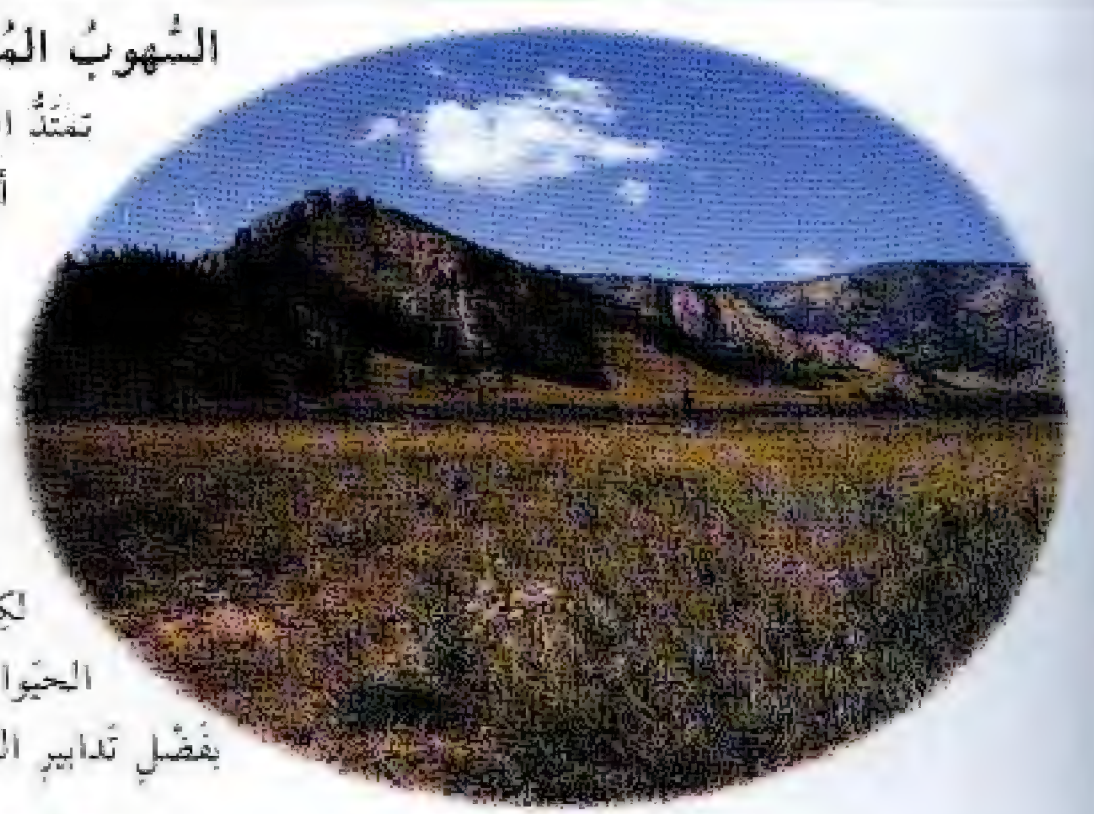
أعدادُ كَثيرَةٍ من العاشباتِ في السَّافانا الإفريقيَّةِ تَمُرُّ فرائسَ لِأَصنافٍ مُختلفَةٍ من الضَّواري. ويَنزِعُ كُلُّ ضارٍ إلى فرائسِهِ المُفَضَّلَةِ تَبَعاً لِأَسلوبِهِ في الصَّيدِ. فالغُهورُ تَسْتَطِيعُ مُطارَدَةَ الغزلانِ بِسُرْعَاتٍ تَبْلُغُ ١٠٠ كم/سا لِفتراتٍ قَصيرةٍ، والأُسودُ لا تَبْلُغُ هذه السَّرْعَةَ، لِذا فَإِنَّها تُحاولُ الاقترابَ من الفريسةِ ما أمكِنَ؛ وهي قَويَّةٌ وتَضطَّادُ جَماعاتٍ، فيمَكِّنُها قُصَصُ حيواناتٍ كَبارٍ كَتَيْتِلُ النَّو. والصَّبَّاعُ أيضًا تَضطَّادُ جَماعاتٍ، لَكِنَّ أَكْبَرَ ما تَقْضِيهِ لا يَتجاوَزُ عادةً جَمارَ الرُّزْدِ.





الشُّهُوبُ الْمُعْشَبَةُ الْأَسْيَوِيَّةُ

تَمْتَدُّ السُّهُوبُ الْمُعْشِبِيَّةُ (الْشَيْشِيَّةُ) عَبْرَ أَوَاسِطِ آسِيَا - مِنْ  
أُورُوبَا إِلَى الصِّينِ. وَفِي الْمَاضِي كَانَتْ تَجُوبُ هَذِهِ  
السُّهُوبُ قُطْعَانُ كَبِيرَةٌ مِنَ الْحَيَوَانَاتِ الرُّاعِيَّةِ،  
كَالْبِيزُونِ (بِيزُون بُونَاكْس) وَقَطِي السَّيْغَا (سَيْغَا  
تُرْتَارِيكَا)، تَقْصِمُ أَعْشَابَهَا فَتَنْشَطُ نَمَاءُهَا  
الْمُتَجَدِّدُ، وَتَدْبُوسُ بُرُورَهَا فَتَغْرِزُهَا فِي الْأَرْضِ  
إِلْتِشًا وَتَنْمُو؛ كَمَا تُخْصِبُ ثُرَيْثَهَا بِرَوْثِهَا وَفَضْلَاتِهَا.  
لَكِنَّ الصَّيْدَ وَالْمَزَارِعَ وَالْأَسْزِرَاعَ قَضَتْ عَلَى مُعْظَمِ هَذِهِ  
الْحَيَوَانَاتِ. وَجَدِيرٌ بِالذِّكْرِ أَنَّ ظُبَاءَ السَّيْغَا أَخَذَتْ فِي التَّكَاثُرِ  
بِفَضْلِ تَدَابِيرِ الْحِمَايَةِ الْمُطَبَّقَةِ حَالِيًا.



الْمَاةَ أَرْبَعًا يَتَّاعُونَهَا (دُولِكُونِسْ  
بَنَاجُونَا) تَعِيشُ جَمَاعَاتٌ قَدْ يَبْلُغُ  
عَدِّهَا ٤٠ فِي الْجُحْرِ الْوَاحِدِ،  
وَهِيَ تَسْتَطِيعُ الْهَرَبَ مِنَ الْخَطَرِ  
بِقَفْزَاتٍ شَرِيعَةٍ، تُقَارِبُ وَاجِدَتَهَا  
الْمَرْتِينَ، بِغَضَلِ رِجْلَيْهَا الْخَلْفَتَيْنِ  
الطَوِيلَتَيْنِ.

## المنجرات

في سُهوب (اليمباس)  
بأمريكا الجنوبية، تعيش  
أعداد ضخمة من اللبونات  
الصغيرة تحت الأرض في  
مأمن من خطر الحرائق  
والضواري. وهذه  
المنجيرات تُسهم في مُرج  
طبقات التربة فلا تتراكم

المعادن على السطح، مما يُعني التربة بالمُعديّات  
ويُعزّزُ نموّ الأعشاب والنباتات الأخرى. وفي  
سُهوب البريري بأمريكا الشماليّة، تعيش السناجيب  
الأرضيّة (من نوع ساينوميس) المعروفة بـكلاب  
المرّوج في جماعاتٍ ضخمةٍ ضيّقةٍ مُستوطنةٍ كاملةٍ  
متّصلةٍ شبكّةِ الجحور. وهي تُحسّ، بالرّعي  
الخفيف، كاملَ المنطقة حولَ الجحور لتُبتقي  
تحرّكاتِ الأعداءِ تحوّلها مكشوفةً للرؤية.



أَخْطَارُ تُهَدِّدُ الشُّهُوبَ  
الْعُشَّةَ

حَقَّقَ الصَّيْدَ عِنْدَ الْحَيَوَانَاتِ  
الرَّاعِيَّةِ وَمُقَرَّبَاتِهَا، فِي السُّهُوبِ  
الْعُشْبِيَّةِ، إِلَى حَدِّ بَعِيدٍ. حَتَّى فِي  
مَنَاطِقِ الْحَظَرِ لَا يَزَالُ النَّاسُ يَصْطَادُونَ  
خَلْسَةً بَدُونِ تَرْخِيصٍ. وَنَتِيجَةُ ذَلِكَ فَقَدْ  
قُتِلَ خِلَالِ الثَّلَاثِينَ سَنَةً الْمَاضِيَةَ مَا لَا يُقَالُ  
عَنِ ٨٥ بِالنِّسْبَةِ مِنَ الْكَرْكُذَنَاتِ فِي الْعَالَمِ. وَيَقُومُ حَقَرُ الْمَيْدِ،  
فِي كِينْيَا وَبُشَاوَا، بِتَعَقُّبِ الصَّيَادِينَ الْمُخَالِفِينَ، وَيُنْقِذُونَ  
أَحْيَاءَ حَيَوَانَاتِ اصْطِيدَتْ بِصُورَةٍ غَيْرِ قَانُونِيَّةٍ.



الأَرْضُ (النَّمْلُ الأَبْيَضُ)

الأرض من عوامل الانحلال الأساسية في الشهب  
العشبية. فهي تأكل المواد الميتة أو تنقلها إلى داخل  
أعشاشها البرجية الطينية لاستخدامها دماً (خليط  
تسميد) للفطر التي تنمها لتغذي بها. وقد يعلو  
العش البرجي لبعض أنواع الأرض ٢,٥ م ويستوطنه  
شراية ٢٠ مليون أرضة.

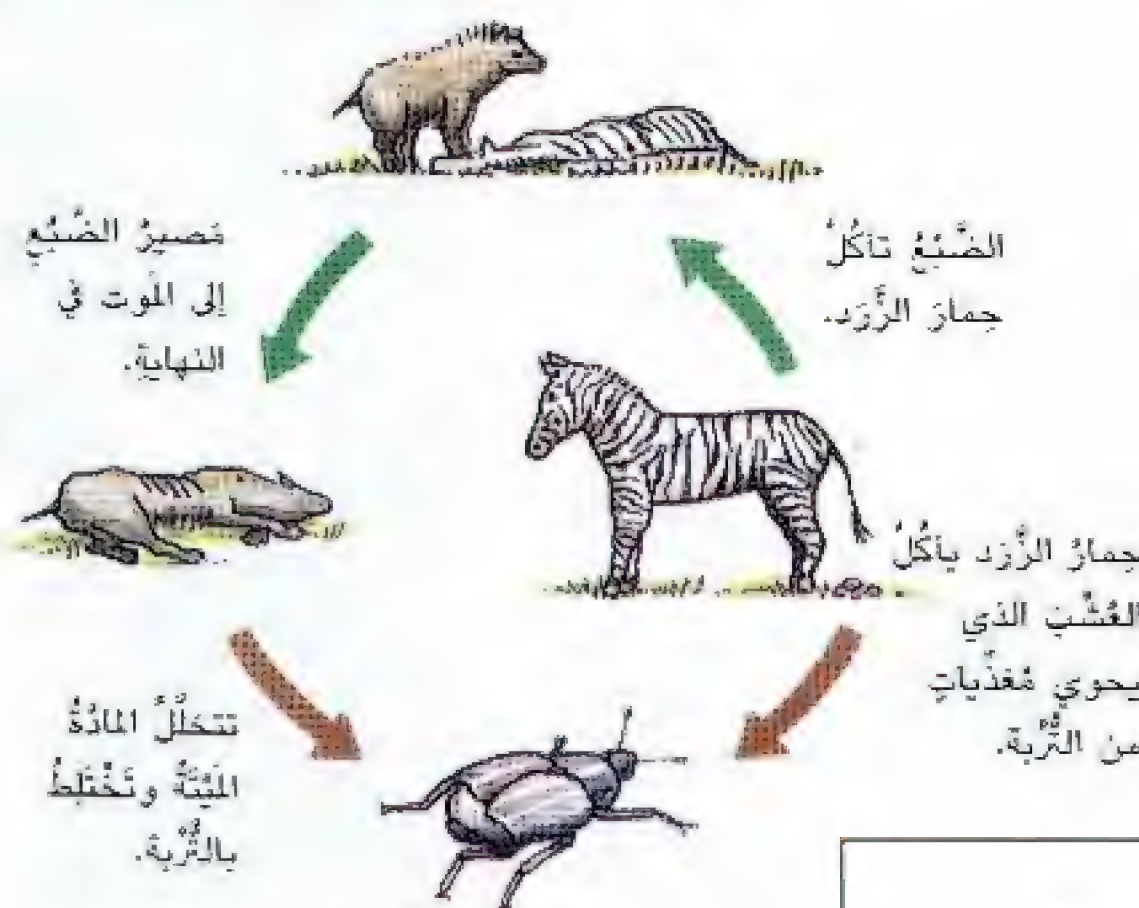
تَحْفَرُ الْقِسْكَاشَاتُ (لَا جَوْشْتَوُسَ مَكْسِيْمُسَ)  
شَبَكَاتٍ ضَخْمَةً مِنَ الْإِنْفَاقِ بِأَرْجُلِهَا الْإِمَامِيَّةِ  
الْقَوِيَّةِ. وَتَسْتَطِيعُ غَلْقُ الْمُنْخَرَيْنِ أَثْنَاءَ الْحَفْرِ لِمَنْعِ  
الْتِزَابِ مِنَ الدُّخُولِ فِيهِمَا. وَهِيَ تَسْرُعُ لَيْلًا فَتَآكُلُ  
الْأَعْشَابَ وَالنَّبَاتَاتِ الْآخَرَى.



مُنْجِرَاتُ الْيَمَّاسِ فِي أَمْرِيكَ الْجَنُوبِيَّةِ

جورج وُجوي  
أَدْمَسُون

عَمِلَ قِيَمَ الصَّيِّدِ  
البريطاني جورج آدمسون  
(١٩٠٦-١٩٨٩)، وزوجته  
جُوي (١٩١٠-١٩٨٠) على  
حِمايَةِ الحَيَاةِ البرِّيَّةِ والعِنايَةِ  
بِهَا فِي كِينِيَا، بِإفريقيَّة. وَكَانَتِ  
الزَّوْجَةُ تَهْتَمُ بِالْأَسُودَ بِصُورَةٍ  
خَاصَّة. وَقد اسْتَهْزَتْ بِتَرْبِيَةِ اللَّبْوَةِ الْإِنْسَانِيَّةِ.  
وَقَدْ أُخْرِجَتْ قِصَّةُ الْإِنْسَانِيَّةِ فِيْلَمًا سِينِمَائِيًّا  
عَامَ ١٩٦٠ بِعُنْوَانِ «وُلِدَتْ حُرَّةً».



تَتَفَكَّرُ الْفَضْلَاتُ إِلَى مُغَذِّيَاتِ  
بِفِعْلِ الْمُغَضِّيَاتِ الْحَالَةِ كَالْخَنَافِسِ.

## دورة المغذيات

يَعْتَذِرُ الْكَثِيرُ مِنَ الْحَيَوَانَاتِ وَالْبَحْثِيَّاتِ  
وَالْفُطْر، فِي الشُّهُوبِ الْعُشْبِيَّةِ، بِالنباتاتِ أَوْ  
الْحَيَوَانَاتِ الْمَيِّتَةِ أَوْ بِرَوْتِ الْحَيَوَانَاتِ.  
فَيَصْبِحُ بَعْضُ هَذِهِ الْمُغَذِّيَّاتِ جُزْءًا مِنْ أَجْسَامِ  
الْحَالَاتِ وَيَصِيرُ بَعْضُهَا فِي آخِرِ الْأَمْرِ إِلَى  
إِخْصَابِ الثَّرْبَةِ. وَهَكَذَا فَإِنَّهُ لَا يَضِيعُ شَيْءٌ،  
بَلْ تَدْوُرُ الْمُغَذِّيَّاتُ فِي حَلَقَةٍ مُتَوَاصِلَةٍ.

لزيادة من المعلومات انظر

المنابع ص ٢٤٤

التغذية ص ٣٤٢

الهضم ص ٣٤٥

السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧

الهجرة والإصابات ص ٣٨١

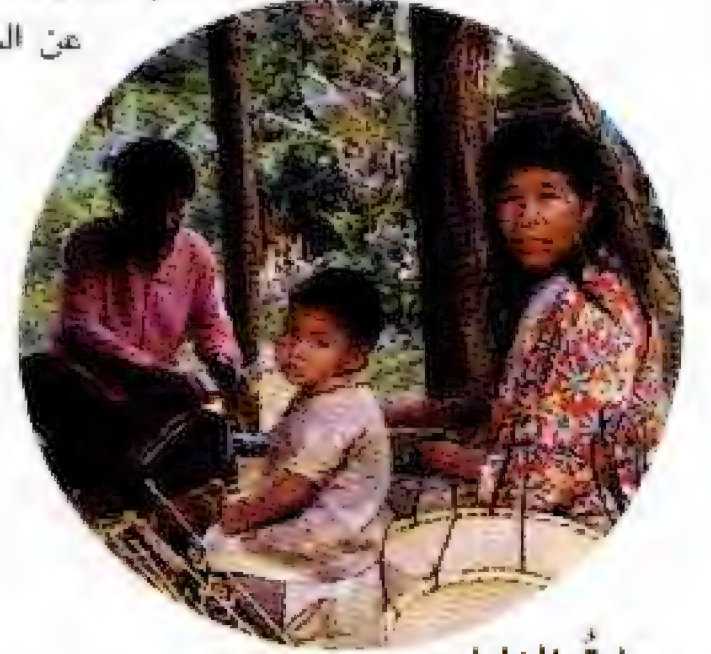


# الغابات المطيرة الاستوائية

الأنظمة البيئية في الغابات المطيرة المدارية تضم أكثر من نصف أنواع الحيوانات والنباتات في العالم، رغم أن ما تغطيه هذه الأنظمة يقل عن ١٠٪ من مساحة اليابسة. تنمو هذه الغابات في المناطق القريبة من خط الاستواء في أمريكا الجنوبية وإفريقية وآسيا وأستراليا. وهي تزخر بالحياة لتوافر الظروف الملائمة لازدهار الكائنات الحية - من رطوبة ودفء وضوء شمس ساطع من فوقها. أشجار هذه الجراج تنمو بسرعة، وتبلغ ارتفاعات عالية في تنافسها للحصول على أكبر كمية ممكنة من نور الشمس.



الغابات الخُطافة (هارنيا هاربيجا)، أكثر الكوايسر في العالم، تُخلق فوق ظلة الشجر المتشابكة بحثاً عن السحابين والدباب الكسالى.



## رعاية الغابات

تقوم هذه العائلة في الغابات المطيرة البرازيلية بصنع السلال من مواد طبيعية. لقد علق سكان الغابات آلاف السنين في ونام مع البيئة، يزرعون مزيجاً من الزروع في مساحات صغيرة يبدلون بعد بضعة سنوات تاركين التربة لترتاح وتستعيد خصوبتها. وبذلك يحصلون على الفائدة القصوى من المغذيات.

الدباب الكسالى (برايبوس ترايدكتيلس) تأكل وتتغذى وتنام مُعلقة، رأساً على عقب، بأغصان الشجر مُستخدمة مخالبها الطويلة الخُطافية.

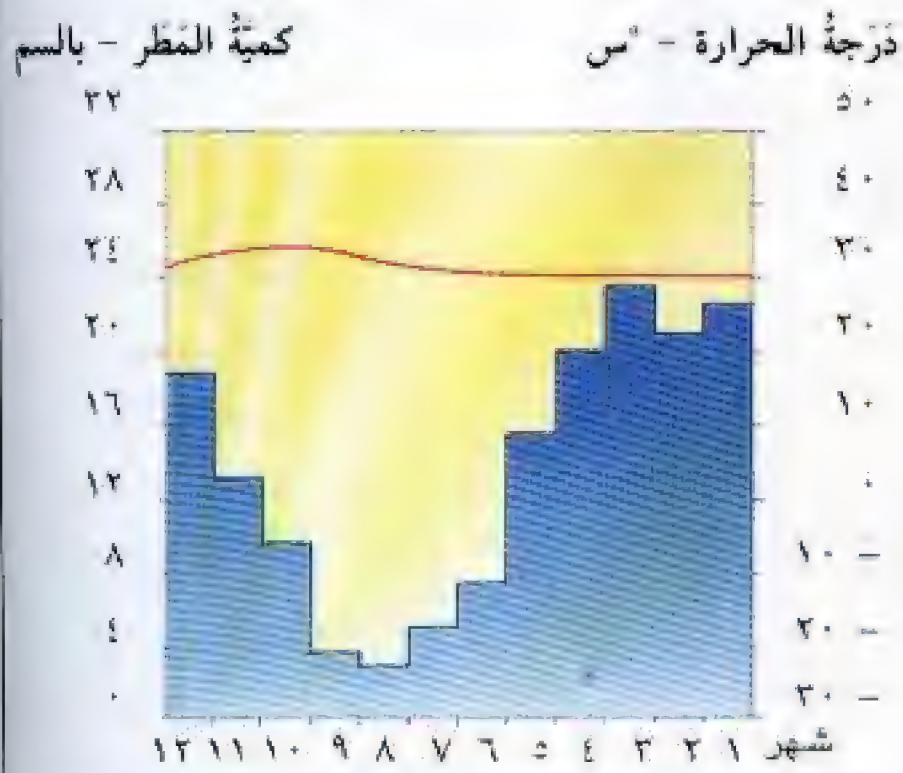
## الطبقات الأحيائية

الأحياء البرية في الغابات المطيرة الأمازونية تعيش على مستويات متباينة. فمعظمها يعيش على مقربة من ذرى الشجر - في الظلة، حيث تتوافر كميات ضوء الشمس والدفء والطعام. ويتضاءل تنوع الحياة البرية في الطبقات الأدنى الأعم والأبرد، تحت الظلة. أما الحيوانات الكبرى فتعيش على أرض الغابة.

تذرع خشب النمل الفيلقيني (من الغابة في طوابير من حوالى ٢٠٠.٠٠٠ نملة، بحثاً عن الطعام ليرقاتها).  
البقاري الخنزيرية (من نوع ثياسو) تغتذى بالنباتات على حافة الغابة.



أجوتي (من نوع ناسي يركتا)



المعدل الشهري لدرجات الحرارة وكمية المطر في مناؤس، بالبرازيل

## المناخ

الغابات المطيرة دافئة على مدار السنة، وتتراوح درجات الحرارة فيها بين حوالي ٢٠ و ٢٨°س. ومناخها هو الأكثر رطوبة بين مختلف الأنظمة البيئية، إذ تهطل فيها الأمطار كل يوم تقريباً، ويبلغ معدل المطر السنوي فيها ٤ أمتار.

## السحابين العنكبوتية

(من نوع أيتلس) تستخدم أذيالها في قبض الأغصان.

أصل الشجر الخضراء (كوريثس كانيش)



في الطبقة التحتية، تتخوى النباتات النعشرية والمتسلقة حول الشجر والجنبات.



## نظام بيئي صغير

البروميليا نباتات نباتات تعيش على أغصان الشجر ويتجمع الماء فيها بركبات تولد نظاماً بيئياً صغيراً يوفر فيه الزرق المتعفن وذرق الحيوانات غذاء للبكتيريا والحشرات التي تغدو بدورها غذاء للحيوانات الصغيرة.

فرزة الجفون المرقطة (بانفرا أونكا) تموت أثناء تصيده فراشة كالاجوتيات والبقاري الخنزيرية.

تستطيع الفطريات العيش على أرضية الغابة لأنها لا تحتاج الضوء لتخليق غذائها.



## التنقل في الغابة

حيوانات الغابات المطيرة مهيأة بميزات خاصة تُعينها على التنقل بين الشجر. فالطيور ذات أجنحة عريضة قصيرة تُمكنها من الانعطاف والدوران بين الأغصان. وبعض الحيوانات مجهزة بسلاسل جلدية تُنشط كالأجنحة فتُمكنها من الانزلاق شراعياً من عُصن لآخر. وتستخدم السعادين أيديها وأقدامها للتسلق، وبعضها يقبض الأغصان أيضاً بذييله المهيأ للقبض كأنه يد إضافية.



## طائر الفردوس

يعيش طائر الفردوس (براديرا راجيانا) في الغابات المطيرة في بابوا غينيا الجديدة. وهو ذو جناحين قصيرين للطيران بين الشجر، وقدمين قويتين لقبض الأغصان. وباستطاعة الذكر، كالمسيح هنا، التعلق من عُصن، مُقلداً رأساً على عقب، لاجتذاب وُذ الإناث بربيشه الزاهي الألوان.

## السُعلاة (الأورانغوتان)

يتسلق السُعلاة (بونغو بيجمايوس) بسرعة كبيرة بين الشجر بفضل ذراعيه الطويلتين وأصابعه القوية. وهو يعيش في الغابات المطيرة في بورنيو وسومطرة. ولقطة «أورانغوتان» كلمة ماليزية تعني «إنسان الغابات».



## الورغة الطائرة

تعيش الورغة الطائرة (نيكوزون كيلي) في الغابات المطيرة الماليزية. وبفضل الطيات الجلدية على طول جانبي جسمها وذيلها وأرجلها يُمكنها الانزلاق شراعياً من شجرة إلى أخرى؛ كما إن هذه الطيات تُموهها وهي جاثمة على لحاء الشجر. والورغة مُزوَّدة بمخالب حادة وخيود حرسية في أقدامها تُساعدُها على الالتصاق بجذوع الشجر الرقيقة.



## أخطار تهديد الغابات المطيرة

لقد دُمّر أكثر من نصف الغابات المطيرة في العالم منذ العام ١٩٤٥؛ وأدى ذلك إلى انقراض مئات الأنواع من الحيوانات والنباتات. ويُقدّر الخبراء مُعدّل هذا التدمير حالياً بمساحة ملعب لكرة القدم كل ثانية! والأخطار الرئيسية التي تُهدد هذه الغابات حالياً مُصدّرها قاطعو الأشجار للخشب، ومُجتثو الحراج للزراعة وإنشاء المزارع أو لتربية المواشي أو للتّقيب عن النفط والمعادن.

## الدورات في

## الغابات المطيرة

الماء والأكسجين والمعادن والمُعدّيات تمرّ عبر الشجر. ويسبب الدّفء والرطوبة، أساساً، في الغابات المطيرة المدارية، يُعاد تدوير المُعدّيات من التربة بسرعة إلى الطلة بواسطة الشجر. وهذا يعني أن التربة تبقى فقيرة لا تصلح للزراعة.

يُؤخذ الأكسجين أثناء التنفّس ويُلقط أثناء التخليق الضوئي. كما يُلقط ثاني أكسيد الكربون أثناء التنفّس ويُؤخذ أثناء التخليق الضوئي.

تُشفط الأوراق والحيوانات الميتة إلى الأرض.

المكثريا والفطر في التربة تُفكّك المواد الميتة، فيمتصّ الشجر المُعدّيات منها، عبر جذوره، ويستخدمها لينمو.



## دراسة الغابات المطيرة

تعيش آلاف من الأنواع الحيوانية والنباتية في الغابات المطيرة ولا يُعرف العلماء عنها شيئاً. لكنّ البيئيين مُنكبون على دراستها حالياً، مُستخدمين مُعدّات التسلق الجبلية ليصلوا إلى ذرى الطلل فيها؛ كما يقومون بِشقّ فترات دائمة بين الشجر.



## رثاث كوكب الأرض

نوصف الغابات المطيرة أحياناً بأنها رثاث كوكب الأرض. فالمساحات الشاسعة منها، كهذه الغابة في ماليزيا، تأخذ من الهواء كمّيات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون ويُعيد إليه كمّيات كبيرة من الأكسجين والماء أثناء التخليق الضوئي، ممّا يُؤثّر في مناخ الأرض بكاملها.

## لمزيد من المعلومات انظر

- المناخ ص ٢٤٤
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- اللون والنمو ص ٣٨٠
- الحياة البرية في خطر ص ٣٩٨



# غابات المنطقة المعتدلة

تَنُمُ الصَّنوبرياتُ والشَّجَرُ العَرِيضُ الورق في غاباتِ المناطقِ المُعتدلةِ الشماليَّة، كـبعضِ أنحاءِ أورُوبا وأمريكا الشماليَّة، ذاتِ المُناخِ المُعتدلِ - حيثُ تَميَّزُ الفُصولُ بِشِتاٍ باردٍ وصيفٍ حارٍّ غيرِ شديدي البَرْدِ والحَرِّ. وَيَعلَبُ نَماءُ الحراجِ الصَّنوبريَّةِ سَمالاً، فيما تَتَشَرُّ عَرِيضَةُ الورقِ بعيداً إلى الجنوب. وتُوفِّرُ هذه الغاباتُ طعاماً ومأوى لأعدادٍ ضَخمةٍ من النباتات والحيوانات. وهي عُمومًا غيرُ كثيفةِ التراصِّ، كـالغاباتِ المطيرة، لذا تستطيعُ النباتاتُ الصغيرةُ العيشُ فيها بما يَصِلُها من ضوءِ الشَّمْسِ دونما حاجةٍ لِتَسَلُّقِ بَواسِقِ الشَّجَرِ لِيلُوغه. وفي المناطقِ الأبردِ يَسْتَغْرِقُ انِحْلالُ الموادِ المَيِّتَةِ سِنينَ عديدةٍ ممَّا يجعلُ دوراتِ المُغذيات فيها أبطأ.

تُتصالبُ النُقار  
(لوكسيا كيرفروسترا)  
يتمكَّنُ من قَلْبِ أَكوانِ  
الصنوبرِ بِمِيقاهِ  
يلُوغُ البُزورِ  
بداخلها.

المطرُ الحامضي يُؤثِّرُ  
سَلْبًا على الصَّنوبرياتِ  
فَيَسْقُطُ أوراقها الإبريَّة.

## الغابات الصنوبرية

يَعلَبُ تواجدُ الصَّنوبرياتِ في المُناخِ الباردِ. والأشجارُ لا تستطيعُ سَقَطَ الماءِ من التُّربةِ المُتجمِّدةِ في الشِتا؛ لكنَّ أوراقها الإبريَّةَ أَقلُّ فَقْدًا للماءِ من الأوراقِ المُسطَّحةِ العَرِيضة، لذا تَقَلُّ الصَّنوبرياتُ دائمةُ الحُضرةِ على مدارِ السَّنة. كما إنَّ الشَّكْلَ المخروطيَّ، للكثيرِ من الصَّنوبرياتِ، يجعلُ السَّلَجَ يَزُلُّ عن أغصانها، ويُجنِّبُها خطرَ التَّقَصُّبِ تحت ثِقَلِ السَّلَجِ المُتراكمِ.

## أخطارُ تهديد الغابات

لقد أَجْتُثَّتْ غاباتٌ عديدةٌ في المنطقةِ المُعتدلةِ لِإنشاءِ المزارعِ والبُيوت. وكثيرًا ما تُستورَدُ الصَّنوبرياتُ من بُلدانٍ مُختلفةٍ لِتَحُلَّ محلَّ الغاباتِ العَرِيضةِ الورقِ، لأنَّ الصَّنوبرياتِ أُسرَعُ نُمُوًا وجُذوعُها المُستقيمةُ أيسرُ لِلنَّشْرِ الواسِعِ خَشبيَّة. لكنَّ الأحياءَ البرِّيَّةَ في الغالبِ لا تستطيعُ العيشُ على الأشجارِ الجديدة.

مزارعُ  
صنوبرياتٍ من  
جنسِ باليسيا  
(الراتينجية)  
ولايكس  
(الأزرق) في  
سكوتلندا

السناجبُ الرُماديَّةُ  
(شورس)  
كارولينسيان (تدفنُ  
ثمارَ البلوطِ طعامًا لِلسَّتا،  
وهي، بطبيعتها الحال، تُضَيِّعُ بَعْضُها  
فَتُنتَشِرُ وتَنُمُو أشجارًا جديدة.

تعيشُ الخريشُ «أمُ أربعِ  
وأربعين» (ليتوبوس  
فورفيكاشس) في الأماكنِ  
الرطبة، بينَ الورقِ مثلًا؛  
وتتصاطدُ العناكبُ والديدانُ  
وخميرُ القَبانِ ليلاً.

غَفَصُ البُلوطِ (السنديان) تُحْدِثُهُ  
زَنابيرُ الغَفَصِ (انديكوس  
كولاري) بِوَضْعِ بُيوضها على  
براعمِ السنديان في الربيع. فتنطوُّ  
اليرقاناتُ داخلَ الغَفَصاتِ إلى زَنابيرٍ تَأْكُلُ  
طريقها إلى خارجِ الغَفَصِ في الخريف.

## منظومة بيئية سندية

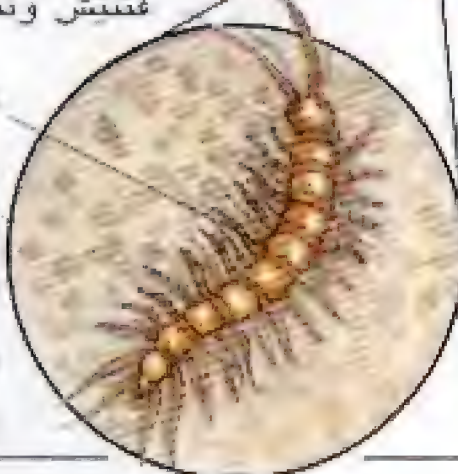
شَجَرَةُ السَّنْدِيانِ من عَرِيضاتِ الورقِ، تُؤلِّفُ مَنظُومَةً بيئيَّةً مُتكاملة. فهي تُحَلِّقُ غِذاءها بِنَفْسِها، وتَعْدُو أوراقها وأزهارها وثمارها وليحافها وخشبها طعامًا لِلحشراتِ والطُّيورِ واللبوناتِ الصغيرة. وهذه الكائناتُ تَعْدُو بِدَوَرها طعامًا لِلحيواناتِ الأكبر. وفي نهايةِ المَطافِ تَمُوتُ الحيواناتُ جَميعُها وتَحُلُّ موادُّها فَتَعُودُ إلى التُّربة؛ وتَمْتَصُّها الشَّجَرَةُ مُجَدِّدًا كَمَغذياتٍ وتَسْتَخِدمُها في عَمليَّةِ النُمُو. وتَتَغَيَّرُ المَنظُومَةُ البيئيَّةُ معَ الفُصولِ فَتُنبِثُ قُرُوعًا مُورِقَةً في الربيع وتُسْقُطُ أوراقها في الخريف. أما في الشِتا، فَتَهْجَعُ الشَّجَرَةُ وتَسبُبُ الحيواناتُ أو تُقَلِّلُ نَشاطَها أو تهاجرُ.

نَقَّارُ الخشبِ  
الارقط الكبير  
(دندروكوبس بيجر)  
يُغشِّشُ في تجاويفِ الشَّجَرِ  
ناقِرًا جُذوعها الباليةَ بَحَثًا عن  
خَشراتٍ يَأْكُلُها.



يَعيشُ جِمارُ القَبانِ  
(يوزسليو شكابر) في  
الأماكنِ المظلمةِ الرطبةِ  
تحتِ الورقِ والجِجَارَةِ  
واللحاءِ والجُذوعِ،  
ويَغْتَذِي بالورقِ المُتَغَفَّنِ  
واللحاءِ والفُطُرِ.

أوعيةُ الإِشمارِ  
(حاملةُ الرِّفاقِ) في  
الفُطُرِ الغَشَبيِّ  
(أرميلاريا فليا) تُنْبِثُ على  
أروغاتِ الشَّجَرِ وعلى  
الأشجارِ المَيِّتَةِ في الخريف.



## لمزيد من المعلومات انظر

- المناخ ص ٢٤٤
- الصنوبريات ص ٣١٧
- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- نظام الثقل في النبات ص ٣٤١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الهجرة والإسبات ص ٣٨١



# الحواضر والمدن

مع تنامي سُكَّانِ المَعْمُورَةِ إلى ما يُقَارِبُ السَّتَّةَ مِلياراتِ نَسَمَةٍ، تَتَزَايَدُ المِساخاتُ التي تُشغِّلُها الحواضرُ والمدُنُ لِاستيعابِهِم. وتُضْطَرُّ مُعْظَمُ الأحياءِ البرِّيَّةِ الأصليَّةِ في تلكِ المناطقِ إلى هَجرِ مَواطِنِها. لَكِنَّ بَعْضَ الحيواناتِ والنباتاتِ تَنجَحُ في التَّعايشِ مع الأوضاعِ الجديدةِ - مُستفيدةً مِنْ مُناخِ المَدُنِ الأدْفَا (عِدَّةُ درجاتٍ مِنْ جَوِّ الرِّيفِ) والأقلَّ تَعَرُّضًا لِعَصفِ الرِّيحِ. كما تَغْدُو فَضالاتُ البَشَرِ ونُفاياتُ مَطابخِهِم مَصْدَرُ غِذاءٍ وَفِيرًا لِلكَثيرِ مِنَ الحيواناتِ الأصليَّةِ.

## الحياة في نظام بيئي حضري

يُوفِّرُ البَيتُ وَحْدِيَّتَهُ في نِظامِ بَيتي حَضَريٍّ، كالمَبيِّنِ هُنا، مَجالَاتٍ حَيَوِيَّةً مُتَنَوِّعَةً لِلنباتاتِ والحيواناتِ. فالطُيورُ، كالزرايرِ، تَبِيتُ وتُعشُّشُ في السَّقْفِ مع الخفافيش والسَّناجيبِ. والكائناتُ الأصغَرُ، كالصَّراصيرِ (بناتِ وِردانٍ) والنَّمالِ والخنافسِ والعُثِّ، تَجِدُ طَعامًا ومَأوًى لَها خَلْفَ الجُدُرانِ وَتَحْتَ الأَرْضِيَّاتِ وفي الخَزائِنِ. وتعيشُ الفُرنانُ والجِرذانُ في مِصارِفِ المِياهِ والمِجاريرِ.

## الثعلب الأحمر

الثعلبُ الأحمرُ الذكيُّ (فَلِيسْ فِلِس) تَكَيَّفَ جَيِّدًا لِلعِيشِ في المَدُنِ، فَهُوَ مُتَنَوِّعُ القُوَبِ يَأْكُلُ كُلَّ شَيْءٍ قَرِيبًا وكثيرًا ما يَغْزُو صناديقَ النُّفاياتِ بَحْثًا عَنِ فَضلاتِ طَعامِ البَشَرِ.

## الأوبوسومات

تَخْتَلِفُ أنواعُ الحيواناتِ التي تعيشُ في المَدُنِ باختِلافِ المَواقِعِ الجِغرافيَّةِ والظُرُوفِ المَناخِيَّةِ.

فالأوبوسومُ الفَرَجُونِيُّ الذَّيْلُ (تريكوسورس فُلِكِيولا) قد تَكَيَّفَ جَيِّدًا لِعِيشِ المَدُنِ في أستراليا. فَهُوَ في الحِياةِ البرِّيَّةِ يَأوِي عَادَةً إلى الجُحُورِ والكهوفِ وتجاويفِ الشَّجَرِ، لَكِنَّهُ في المَدُنِ تَعَلَّمَ أَنْ يَتَّخِذَ لَهِ وَكُنَّا في سَقُوفِ المِبانِي. وتعيشُ جالِياتٌ مِنَ الأوبوسوماتِ في الحدائقِ العامَّةِ، وَهِيَ تَذْجُنُ أحيانًا بَحِثَ تَعْدُو أَلِفَةً تَتَناولُ الطَعامَ مِنْ أَيْدِي النَّاسِ.



الخُفاشُ الشَّاعِجُ  
(يُنْبَشِطُ لَيْلًا)  
(يُنْبَشِطُ لَيْلًا) يَبِيتُ في  
زوايا عَليَّةِ السَّقْفِ.



شُعشُعُ الخَطاطِيفِ  
(يَلِيكُونُ أَوْرَبِيكا)  
تَحْتَ طُفِّ  
السَّقُوفِ.



الْبَلَلابَةُ (هَدِيرَا)  
يَلِكُسُ يَسْلُقُ  
الجِدْرانَ مُتَعَلِّقًا  
بِالجِجَارَةِ أو  
الطُوبِ.



العَنكَبُوتُ تَسْجُدُ شَبابِكُها  
الشُّعْبَةَ لِاقْتِناصِ فَراشِحِها  
مِنَ الحَشَرَاتِ.



قَدْ يُجْعَلُ قِسمٌ مِنَ الحَدِيقَةِ  
مَلاذًا طَبِيعِيًّا لِلحِياةِ البرِّيَّةِ -  
تَنُمُو فِيهِ أَعْشَابٌ طَوِيلَةٌ  
وَحِشائِشُ، وَتَراكِمُ فِيهِ  
كُومَاتُ الذَّمَنِ والجُذُوعِ  
المُتَعَطِّنةِ وَمَا يُوفِّرُ لِلكائناتِ  
البرِّيَّةِ الغِذاءَ والمَأوًى.



تَتَخَذُ النُّحْلُ  
كُؤُورَةً في  
تَجويفِ جِدَارِيٍّ  
أَوْ في أَصْبَصِ  
أَزْهَارٍ قَدِيمٍ.



تَخَشَبُ العِلاجِيمُ  
الشَّائِعَةُ (يُوفُو يُوْفُو)  
تَحْتَ الجِجَارَةِ نَهارًا،  
وَتَخْرُجُ لَيْلًا لِتَصيْدِ الدِيدانِ  
وَالقُواقِعِ وَخَمِيرِ القَبَّانِ.

المُتَعَامُّ المَتْرُوكُ  
خارجًا على مِوانِدِ  
الطَيرِ يُساعِدُ الطُيُورَ  
وَالسَّناجيبَ عَلى  
العِيشِ خِلالَ الشِّتاءِ.

### لمزيد من المعلومات انظر

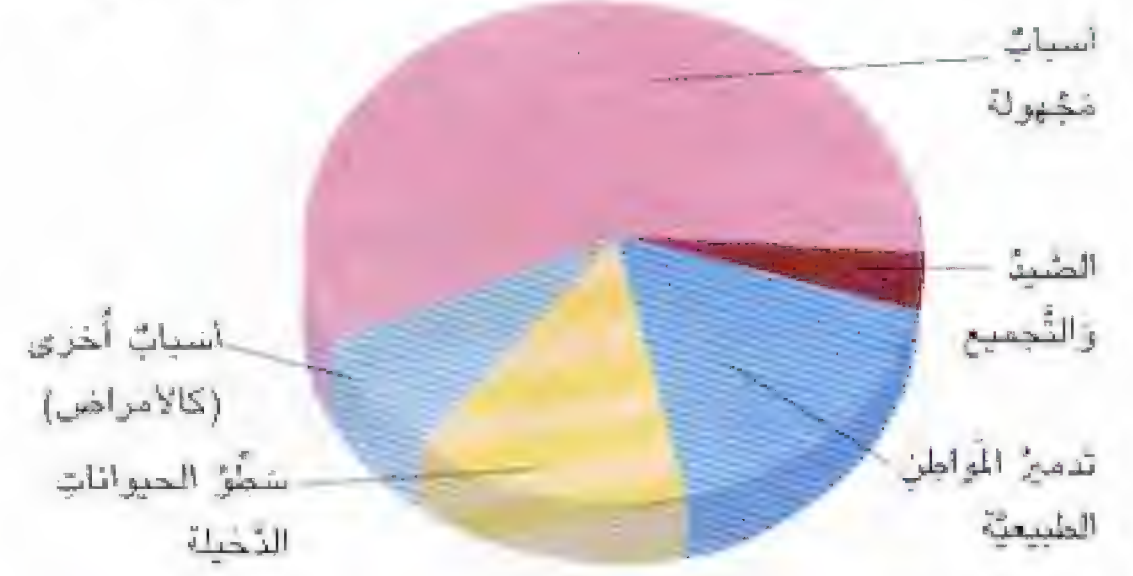
- المُناخ ص ٢٤٤
- البَشَرُ وَكوكِبُهُم ص ٣٧٤
- القَضائِلُ وإِعادةُ تَدويرِها ص ٣٧٦
- العِشْرَةُ والتَّعايشُ ص ٣٧٩
- حَقائِقُ ومَعلوماتُ ص ٤٢٤



# الحياة البرية في خطر

مئات الملايين من أنواع النباتات والحيوانات التي ظهرت منذ بدء الحياة على الأرض قد انقرضت؛ والبعض منها قد اندثر نتيجة لعمليات التطور والعوامل الطبيعية. لكن الإنسان، في الـ ٣٠٠ سنة الأخيرة، سرّع عملية الانقراض أكثر من ١٠٠٠ مرة بتدمير المواطن الطبيعية وتلويث البيئة وصيد مختلف الأنواع وتجميعها. ومن العسير احتساب سرعة انقراض الأنواع هذه بدقة حاليًا، لكن بعض الخبراء يُقدرونها بحوالي ١٠٠ نوع يوميًا - أي نوعًا كُلُّ رُبْع ساعة. ويُقدرون

أن ما يُقارب المليون نوع مُهدّد بالانقراض خلال الـ ٢٠ سنة القادمة ما لم تُتخذ الآن إجراءات حاسمة لتفادي ذلك.



## أسباب الانقراض

الأسباب الحقيقية لانقراض الكثير من أنواع الحيوان لا تزال مجهولة، لكن المُحطّظ البيئي الدائري أعلاه، يُبين أن تدمير المواطن الطبيعية والحيوانات المجلوبة الدخيلة هما سببان رئيسيان لذلك. كذلك فإن الصيد وتجميع الهواة مسؤولان أيضًا عن اختفاء العديد من الحيوانات.

المناطق الرطبة البكر (التي لم تعمل فيها يد الإنسان)، كالمستنقعات والسبخات، هي مواطن طبيعية غنية للحياة البرية، بخاضة للحشرات والأسماك والطيور.

أسباب تدمير المناطق الرطبة تشمل: التجفيف والطقس (لإنشاء المزارع والمدن والموانئ والمصانع)، والتلوث وتغيير الخُطّ والوقود والمعادن، وقطع الأشجار للخشب.

أبو منجل للقرمزي (بودوسيفس روبير)



بورتوريكو: ٣٤ نوعًا ماليزيا: ٩ أنواعًا ترينيداد وتوباغو: ٨ أنواعًا الولايات المتحدة الأمريكية: ٥ أنواعًا فيتزويلا: ٣ أنواعًا سيشل: نوعان

## طيور في خطر

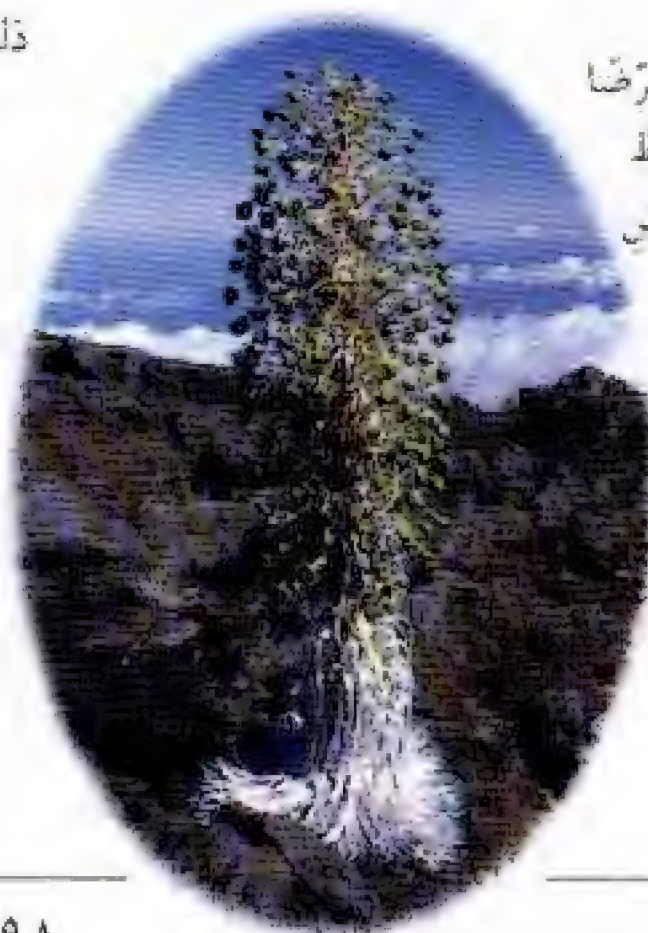
مستنقعات القرام (المنغروفية)

هي ضروب من المناطق الرطبة على

الشواطئ المدارية. والطيور بخاصة، هي الأكثر تعرّضًا للخطر جرّاء تدمير تلك المستنقعات. ويبيّن المُحطّظ أعلاه العدد المُقدّر لأنواع الطيور المُهدّدة بالانقراض في المستنقعات المنغروفية حول العالم اليوم.

## نباتات في خطر

يُقدّر الخبراء أن قرابة ربع الأنواع النباتية في العالم مُهدّد بالانقراض نتيجة لتدمير مواطنها الطبيعية؛ أو تسويقها. فئات السبب القضي (أرجيروزلفرم كارس) هذا في هاواي، مُهدّد بالانقراض لإدخال الماعز التي تأكله؛ ولإقبال هواة تجميع النباتات على اقتنائه.



## تدمير المناطق الرطبة

المناطق الرطبة هي إحدى الأنظمة البيئية الأكثر تعرّضًا للتهديد في العالم؛ وقد تمّ تدمير أكثر من نصفها بالفعل. لقد زال بعضها بأسباب طبيعية كارتفاع مستوى سطح البحر أو الجفاف أو العواصف الهوجاء؛ لكن الكثير منها دُمّر بفعل الإنسان. إنّ تجفيف هذه المناطق يجعل التحكم بالحشرات والفيضانات ممكنًا - فتصبح أكثر أمانًا ليعيش الناس في الجوار. لكن ذلك يترك الحياة البرية دونما مكانٍ تلجأ إليه.

## البُندا النادر

يعيش البُندا الضخم (أيلورويدا ميلانوليوكا) في غابات الخيزران في الجنوب الغربي من الصين. لكنّ معظم حراج الخيزران قد اجثّت وحلّ محلّها القُرى وحقول الأرز. ويُعتقد أن عدد البُندات الضخمة الباقية هو بين ٣٠٠ و ٤٠٠ فقط - تعيش في غابات صغيرة من الخيزران تُفصل بينها أراضي زراعية.







محاصيل قصب السكر  
الأسترالية تتلفها آفات  
كخنافس القصب.



الفئران بطبيعتها آفة للمزارعين،  
لكنها لم تكن الفرائس المقصودة  
عندما جلبت غلاخيم القصب إلى  
كوينزلاند.



الضفادع المحلية  
(الأصلية) ليست آفة  
لمزارعي قصب السكر.



خنافس القصب  
(درغولبيدا البوهيرتوم)  
تأكل قصب السكر.

غلاجيم القصب يأكل  
خنافس القصب  
وخشرات أخرى.

غلاجيم القصب يأكل الفئران  
والقوارض الصغيرة الأخرى.

غلاجيم القصب يأكل  
الوزغ وغطايا أخرى.



الغطايا والوزغ خليفة  
المزارعين ضد الحشرات.



أدخل غلاجيم القصب  
(بوفو مارينوس) إلى  
الشبكة الغذائية.

### استجلاب الأنواع

في العام ١٩٣٥، أدخل نوع من الغلاجيم  
الأمريكية إلى منطقة كوينزلاند في أستراليا -  
كعدو طبيعي للخنافس المدمرة لقصب السكر.  
لكن الغلاجيم لم تكن تقتصر الخنافس بل  
راحت تأكل كائنات عديدة أخرى. ولانعدام  
المفترسات الطبيعية للغلاجيم، فقد تكاثرت  
بأعداد ضخمة غدت تدمر الحياة البرية  
الأسترالية الأصلية.

لا يوجد عدد كافٍ من  
مفترسات غلاجيم القصب  
للتحكم في تكاثرها - فلا  
يقتصر إلا الجياح من  
الطيور أو الخيائ  
أحياناً.



### الفقمة الراهبة

الفقمة الراهبة (من نوع موناكس) هي بعض  
أندر الفقمة في العالم. فالمستقي منها يقل عن  
٥٠٠ في البحر الأبيض المتوسط و١٥٠٠ في  
هاواي؛ وقد انقرض ما كان يعيش منها في  
البحر الكاريبي. إن تلوث البحر، والضربة،  
والمراكب السريعة، والطائرات قد أقلقته راحة  
الفقمة وأخلت بنظام توالدها.



### جورج شالر

الباحث التي أجراها  
عالم الحيوان الأمريكي  
الدكتور جورج شالر  
(١٩٣٣- )، ساعدت

العلماء في استنباط أساليب  
لحماية البيئة. فقد درس شالر

سلوك كثير من الحيوانات في موطنها  
البرية - كالبنات في الصين، والغوريلات

والأسود في إفريقيا، والأورانغوتان في سارواك،  
والبيور والشمور في الهند. ومن كتبه العديدة:  
«الأيل والبيور»، و«عام الغوريلات».



### حداق الحيوانات

دأب الناس منذ القدم على اصطياد الحيوانات البرية وعرضها في  
حداق ومثارات. الكثير من هذه الحيوانات كان نادراً؛ وقد غدا  
يتنافس الحداق على اقتنائه مهدداً بالانقراض. ونقوم معظم  
حداق الحيوان اليوم باستيراد حيواناتها؛ كما يقوم بعضها  
باستيراد حيوانات برية نادرة - كالحياة العربية. والسنانس الذهبي  
والذئب الأحمر - ثم إعادة نشرها في موطنها البرية.



### تجارة الجلود

الكثير من الحيوانات البرية لا تزال تُصطاد، وغالباً بصورة غير قانونية،  
طلباً لغيراتها أو فرونها أو أنيابها. فبعض الناس تواقون لارتداء معاطف  
من جلود السنوريات الكبيرة، كالنفود والشمور. ويبيّن الشكل البياني  
أعلاه، مجمل الصادرات العالمية من الجلود. وقد تناقصت هذه  
الكميات كثيراً في الثمانينيات، لكن كثيراً من هذه السنوريات لا تزال  
تواجه خطر الانقراض.

### لمزيد من المعلومات انظر

- دوراث في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤
- الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧
- المناطق الرطبة ص ٣٨٩
- الحفاظ على البيئة الطبيعية ص ٤٠٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



# الحفاظ على البيئة الطبيعية

فراشُ الخُلنَج البرتقالية الزرقاء (مليكتا أثاليا)  
- دُرِسَتْ لِحْتِيجَاتُهَا الْخَاصَّةُ  
وَأُعِيدَتْ إِلَى الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



قُضَاعَةُ الْبَحْرِ الْجَنُوبِي (إنتهياريس  
لوثر) - مَحْظُورٌ صَيْدُهُ وَمُضَارٌّ  
فِي مَحْمِيَّاتِ الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



إِرْوَذَةُ هَاوَاي (برائتا  
ساندفيشيسز) اسْتُوْلِدَتْ  
فِي الْأَشْرَفِ، ثُمَّ أُعِيدَتْ لِلْحَيَاةِ  
الْبَرِّيَّةِ.



الْكُوَالَا  
(فاسكولاركتوس)  
سَيِّئُ الرِّيَاسَةِ مَحْظُورٌ  
صَيْدُهُ وَمُضَارٌّ فِي مَحْمِيَّاتِ  
الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



الدَّبَّابَةُ الْأَحْمَرُ (كانيس روفوس)  
- اسْتُوْلِدَتْ فِي حَدَائِقِ الْحَيَوانِ  
وَأُعِيدَتْ إِلَى الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



الْحَوْتُ الرَّمَادِيُّ (إشكريكتيوس  
رُوبِنْسُون) - صَيْدُهُ مَحْظُورٌ.



الْبَيَزُونُ الْأَوْرُوبِي (بيزون  
بُوناسس) مَحْمِيٌّ فِي الْمَحْمِيَّاتِ  
الطَبِيعِيَّةِ بِبُولَنْدَا.



الدَّبُّ الْقُطْبِي (ثالاركتوس ماريتموس)  
- مَوْطَنُهُ الْبَيْئَةُ مَحْمِيَّةٌ وَصَيْدُهُ مَحْظُورٌ.

الْمَهَادَةُ الْعَرَبِيَّةُ  
(أوريكس ليوكوريكس)  
اسْتُوْلِدَتْ فِي حَدَائِقِ  
الْحَيَوانِ وَأُعِيدَتْ إِلَى  
الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ.



أَيْلُ الْأَبِ دَاوُود (إلافوروس  
دافيديسز) - أُعِيدَ مِنْ  
مَحْمِيَّاتِ فِي الْغَرْبِ إِلَى الْحَيَاةِ  
الْبَرِّيَّةِ فِي الصِّينِ.



الرَّنْتُقُ الْفَرْجُونِي الْبُورِيلَنْدِي  
(ذيرونيما كلستيمون) - مَحْمِيٌّ فِي  
مَحْمِيَّاتِ جُزْئِيَّةٍ.



الْبَيْرُ (بانثيرا تيجريس)  
- مَحْظُورٌ صَيْدُهُ  
وَمَحْمِيٌّ فِي  
مَحْمِيَّاتِ.



يَحْظَرُ الصَّيْدُ، وَحِمَايَةُ الْمَوَاطِنِ الْبَيْئَةِ، وَإِقَامَةُ الْمَحْمِيَّاتِ الطَبِيعِيَّةِ، وَتَخْفِيفُ  
التَّلَوُّثِ، يُمَكِّنُ إِنْقَاذَ الْعَدِيدِ مِنْ أَنْوَاعِ الْحَيَوانَاتِ وَالنباتات النادرة. لَقَدْ بَدَأَ النَّاسُ يُدْرِكُونَ  
أَهْمِيَّةَ إِنْقَاذِ الْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ مِنَ الْإِنْقِرَاضِ. فَالْمُنْتَظَمَاتُ الْعَالَمِيَّةُ، كَالصَنْدُوقِ الْمَالِي الْعَالَمِي  
لِلطَبِيعَةِ، وَالاتِّحَادُ الدُّوْلِيُّ لِلْحِفَاظِ عَلَى الطَبِيعَةِ وَالْمَوَارِدِ الطَبِيعِيَّةِ،  
جَعَلَتِ النَّاسَ يَعُونُ مَسَائِلَ الْبَيْئَةِ، وَحَفَظَتْهُمْ عَلَى جَمْعِ الْمَالِ  
لِحِمَايَةِ الْأَنْوَاعِ الْمُخْتَلِفَةِ وَالْحِفَاظِ عَلَى مَوَاطِنِهَا الطَبِيعِيَّةِ.  
وَالْأَحْيَاءُ الْبَرِّيَّةُ الْمُبَيَّنَّةُ عَلَى جَوَانِبِ هَذِهِ الصَّفْحَةِ  
هِيَ بَعْضُ الْكَائِنَاتِ الَّتِي تَمَّ إِنْقَاذُهَا.

## اجتماع القيمة لشؤون البيئة

فِي الْعَامِ ١٩٩٢، انْعَقَدَ فِي رِيو دي جانيرو،  
بِالْبِرَازِيلِ، مُؤْتَمَرٌ حَوْلَ الْبَيْئَةِ، تَمَثَّلَتْ فِيهِ حُكُومَاتُ  
مُعْظَمِ دُولِ الْعَالَمِ. وَتَدَارَسَ الْمَنْدُوبُونَ وَسَائِلُ إِنْقَاذِ  
كُرْبِنَا. وَقَدْ نُصِبَ فِي رِيو دي جانيرو «شجرة حياة»  
أُلْصِقَتْ عَلَيْهَا أَوْرَاقٌ كُتِبَ عَلَيْهَا مَا وَعَدَ النَّاسُ بِفَعْلِهِ،  
وَمَا يَعْتَقِدُونَ أَنَّ عَلَى الْحُكُومَاتِ الْقِيَامَ بِهِ.



## محميات الحياة البرية

كَانَتْ حَدِيقَةُ يُلُوسْتُونِ الْقَوْمِيَّةِ فِي الْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ أَوَّلَ  
حَدِيقَةٍ قَوْمِيَّةٍ فِي الْعَالَمِ. وَهُنَاكَ الْيَوْمَ، فِي مُخْتَلِفِ  
أَنْحَاءِ الْعَالَمِ، مَنَاطِقٌ رَيفِيَّةٌ أُفْرِدَتْ كَمَحْمِيَّاتٍ لِلْحَيَاةِ  
الْبَرِّيَّةِ. فَالنباتات والحيوانات فِي هَذِهِ الْمَنَاطِقِ مَحْمِيَّةٌ  
قَدَّرَ الْإِمْكَانِ مِنَ الْقَاصَةِ الْآدَمِيَّةِ وَهُوَ التَّجَمُّعُ، كَمَا  
يَحْظَرُ عَلَى الْمُسْتَعْمِرِينَ وَشَرَكَاتِ التَّطْوِيرِ تَشْيِيدَ الْمَبَانِي  
فِيهَا. إِنَّ بَعْضَ هَذِهِ الْمَحْمِيَّاتِ شَابِعٌ يَشْمَلُ آلَافَ  
الْكِيلُومِترَاتِ الْمُرَبَّعَةِ، وَبَعْضُهَا الْآخَرُ لَا يَتَجَاوَزُ حَرَجَةً  
صَغِيرَةً أَوْ قِطْعَةً أَرْضٍ لَمْ تَطْلُهَا بَعْدُ يَدُ التَّطْوِيرِ الْحَضَرِيِّ.

رَقْمُ إِعَادَةِ  
التدوير

## كيف يمكنك المساعدة

كُلُّ فَرْدٍ مِمَّا يَسْتَطِيعُ الْإِسْهَامَ فِي الْحِفَاظِ  
عَلَى الْبَيْئَةِ وَالْحَيَاةِ الْبَرِّيَّةِ. فَأَنْتَ مَثَلًا  
تَسْتَطِيعُ جَمْعَ الْوَرَقِ وَالْعَلَبِ وَالْفَنَائِي  
الْفَارِغَةِ لِإِعَادَةِ تَدْوِيرِهَا. فَذَلِكَ يُسَاعِدُ فِي  
خَفْضِ عَدَدِ الْأَشْجَارِ الْمُقْتَنَعَةِ، وَالْحَدِّ  
مِنْ حَفَرِيَّاتِ التَّعْدِينِ تَحْتَ الْمَوَاطِنِ  
الطَبِيعِيَّةِ النَّادِرَةِ. كَذَلِكَ، يُمَكِّنُكَ التَّوَقُّفُ  
عَنْ شِرَاءِ الْأَشْيَاءِ الْمَصْنُوعَةِ مِنْ حَيَوانَاتٍ  
أَوْ نَبَاتَاتٍ نَادِرَةٍ، وَاجْتِنَابِ الْعُبُوثِ وَمَوَادِّ  
التَّغْلِيفِ الَّتِي لَا يُمَكِّنُ إِعَادَةَ تَدْوِيرِهَا.



## لمزيد من المعلومات انظر

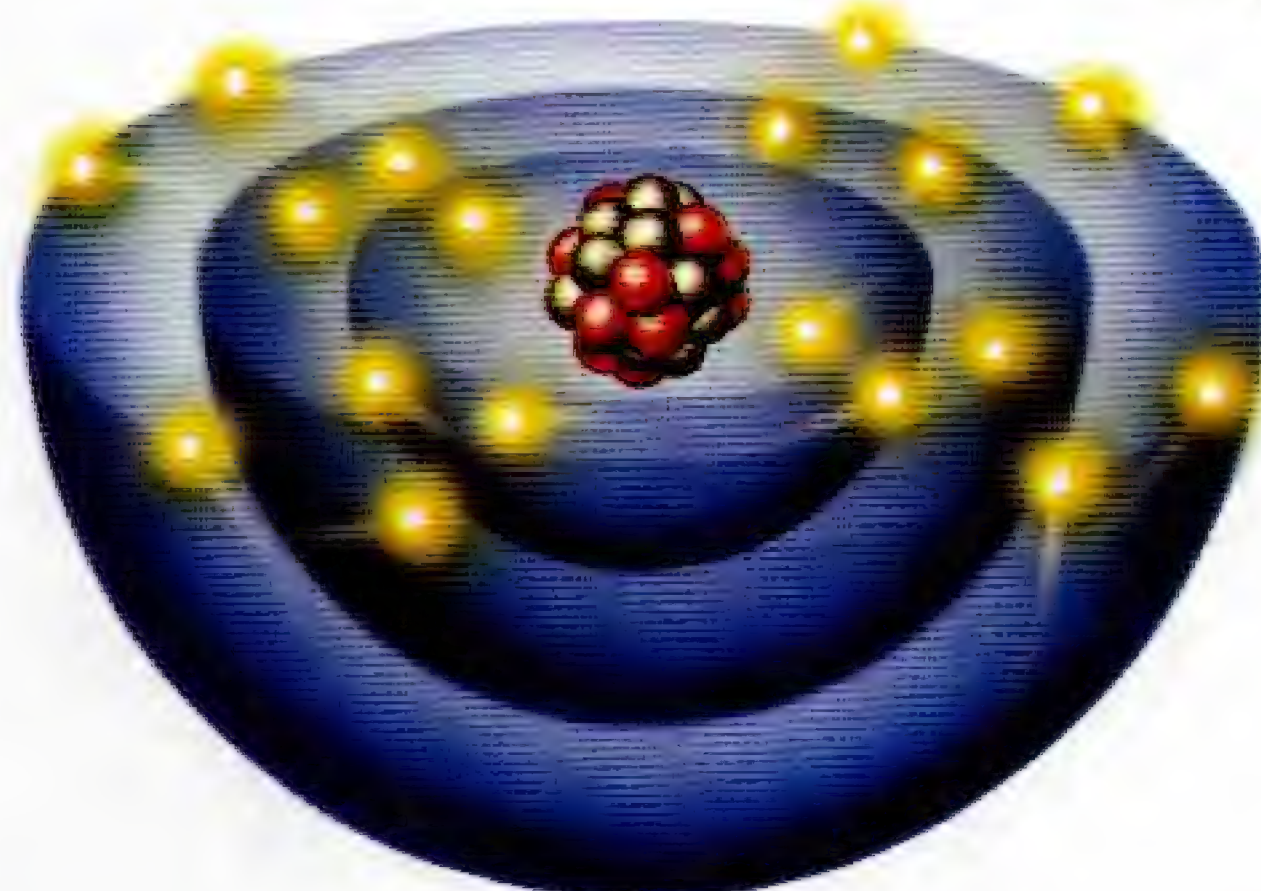
- الْغِلَافُ الْخَبَيِّثُ ص ٣٧٠
- دَوْرَاتُ فِي الْغِلَافِ الْخَبَيِّثِ ص ٣٧٢
- الْبَشَرُ وَكُوكُوبُهُمْ ص ٣٧٤
- الْقَضَائِلُ وَإِعَادَةُ تَدْوِيرِهَا ص ٣٧٦
- الْحَيَاةُ الْبَرِّيَّةُ فِي خَطَرٍ ص ٣٩٨
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٤



# حَقَائِقُ وَمَعْلُومَات

يَحْوِي هَذَا الْقِسْمُ مُخَطَّطَاتٍ وَخَرَائِظَ وَجَدَاوِلَ حَافِلَةً بِالْمَعْلُومَاتِ وَالْإِحْصَائِيَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ الْمُهِمَّةِ. وَمَوَادُّ هَذَا الْقِسْمِ مُرَتَّبَةٌ أَلْفَبَائِيًّا فِي هَذَا الْفَهْرِيسِ الْمَوْجَزِ لِتَسْهِيلِ الرَّجُوعِ إِلَيْهَا - عَلِمًا أَنَّ الْفَهْرِيسَ الْعَامَ ص ٤٣٤ جَامِعٌ شَامِلٌ لِمَخْتَلِفِ مَوَادِّ الْمَوْسُوعَةِ.

الصفحة	الموضوع	الصفحة	الموضوع
٤٠٨	- الْقُوَّةُ وَ ~ (مُعَادِلَاتُ الْعِلَاقَةِ بَيْنَهُمَا)	٤٠٥	أَجْهَزَةٌ مُخْتَبِرِيَّةٌ (أَوْ مُخْتَبِرِيَّةٌ)
٤٠٩	- الْمَوَارِدُ الطَّاقِيَّةُ الْمُتَغَيِّرَةُ	٤١٦	الْأَرْضَادُ الْجَوِّيَّةُ - أَحْوَالُ جَوِّيَّةٍ قُصُورِي
٤١٦	الطَّقْسُ (مَعْلُومَاتٌ عَامَةٌ)	٤١٧	- مَرَاكِزُ رُضْدِ الطَّقْسِ الرَّئِيسِيَّةِ
٤١٢	الطَّبِيفُ الْكَهْرِمَقْتَلِيسِي	٤١٧	- مَنَاحَاتُ الْمَدَنِي الْعَالَمِيَّةِ الْكُبْرَى
٤٠٣، ٤٠٢	الْعَنَاصِرُ - الْجَدْوَلُ الدَّوْرِي لِـ ~	٤١٦	- الْمُنْظَمَةُ الْعَالَمِيَّةُ لِـ ~
	الْغَازُ - إِخْتِيَارَاتُ تَعْرِيفٍ ~ (الْهَيْدْرُوجِينُ،	٤١٤	الْأَرْضُ - تَرْكِيبُ ~
٤٠٤	الْأَكْسِيجِينُ وَثَانِي أَكْسِيدُ الْكَرْبُونِ)	٤١٤	- حَقَائِقُ جِيُولُوجِيَّةٍ
٤٠٤	- تَجْمِيعُ ~	٤٢٣	الْإِسْتِقْلَالُ - مُعَدَّلَاتُ ~
٤٠٤	- قَوَانِينُ ~		الْأَلْتِكَانَاتُ وَالْأَلْتِكِينَاتُ (الْهَيْدُرُوكَرْبُونَاتُ الدَّهْنِيَّةُ
٤١٨	الْفَضَاءُ - مَعْلُومَاتُ فَلَكَيَّةٍ	٤٠٦	الْمُشْبَعَةُ وَغَيْرُ الْمُشْبَعَةِ)
٤٢٣	الْفَيْنَامِينَاتُ	٤٢٥	إِنْقِرَاضُ الْأَنْوَاعِ - مُعَدَّلَاتُهُ وَالْأَنْوَاعُ الْمُهْدَدَةُ بِهِ
٤٠٨	الْقُوَّةُ وَالطَّاقَةُ	٤١٣	الْإِنْكِسَارُ - مُعَادِلُ ~
	الْقِيَاسُ - وَحْدَاتُ ~ (فِي النِّظَامَيْنِ الْجُتْرِي	٤٠٦	الْإِيثِينُ - إِسْتِخْدَامَاتُ ~
٤٠٩	وَالْإِمْبِرَاطُورِي) وَتَحْوِيلَاتُهَا	٤٢٣	الْأَبْضُ (أَنْظَرُ: الْإِسْتِقْلَالُ)
٤٢٠	الْكَاثَاتُ الْحَيَّةُ - تَصْنِيفُهَا	٤٠٨	يَلْمُسُولُ - خَطُّ ~
٤٢٣	- دَرَجَةُ حَرَارَةِ أَجْسَامِهَا	٤٢٥، ٤٢٤	الْبَيْبِيَّاتُ
٤٢٢	- مَدَى الْأَعْمَارِ وَقَرَّاتُ الْحَمْلِ	٤١٣	الْتَرْدُّدُ - مَدَى ~ (لِلْأَلَاتِ مُوسِيقِيَّةٍ)
٤٠٦	كَرْبُونَاتُ الصُّودِيُومِ	٤١١	الْتَرْمِيزُ الثَّنَائِي - نِظَامُ ~ ~
	الْكَهْرِبَاءُ وَالْمِغْنَطِيسِيَّةُ - وَحْدَاتُهَا الدَّوْلِيَّةُ وَرَمُوزُهَا	٤١٢	الْتَعْرِيفُ الْفُوتُوغْرَافِي
٤١٠	وَمُعَادِلَاتُهَا	٤٠٥	الْتَفَاعُلِيَّةُ - سَبْسِلَةُ ~
٤١١	- الرَّمُوزُ الْكَهْرَبِيَّةُ وَالْإِلِكْتُرُونِيَّةُ	٤٢٤	الْتَلَوُّتُ
٤١٠	- الْمُقَاوِمَاتُ الْكَهْرَبِيَّةُ	٤١٤	جَدْوَلُ الْأَزْمَةِ الْجِيُولُوجِيَّةِ
٤١٨	الْكَوَاكِبُ السَّيَّارَةُ	٤٠٣، ٤٠٢	الْجَدْوَلُ الدَّوْرِيُّ لِلْعَنَاصِرِ
٤١٩	الْكُوكَبَاتُ (الصُّورُ الْفَلَكَيَّةُ)	٤٢١	الْحَيَوَانَاتُ (الْإِلَاقَارِيَّةُ وَالْفَقَّارِيَّةُ)
٤٠٤	الْمَوَاجِيقُ - السَّوَابِقُ وَ~ (الْكِيمِيَايَّةُ)	٤٢٥	- هَجْرَةُ ~
٤٠٣	الْمَادَّةُ - اِضْمِحْلَالُ ~ (بِالْإِشْعَاعِ)	٤١٤	خُطُوطُ الطُّولِ وَالْعَرْضِ
	- الْمَوَادُّ الْأَوَّلِيَّةُ: تَوْزُّعُهَا فِي الْعَالَمِ،	٤٠٨	دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ - مَقْيَاسُ ~ ~ (الْتَرْمُومِتْرَاتُ)
٤٠٧	إِسْتِخْدَامَاتُهَا وَمُتَبَجِّجُهَا الرَّئِيسِيُّونَ	٤١٨	الرُّجْمُ (الْكُنْطَلُ النِّيزَكِيَّةُ) الْكُبْرَى
٤١٠	الْمُقَاوِمَاتُ الْكَهْرَبِيَّةُ	٤١٧	رَمُوزُ خَرَائِظِ الطَّقْسِ وَقَرَّاتُهَا
٤٠٨	مَقْيَاسُ - مَقْيَاسُ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ	٤٠٤	السَّوَابِقُ وَالْمَوَاجِيقُ (الْكِيمِيَايَّةُ)
٤١٥	- ~ مُؤَهَّرٌ لِلضَّلَادَةِ	٤١٨	الْمَشْمُسُ
٤١١	مُوزَسُ - شَفْرَةُ ~	٤١٥	الْمُخْخُورُ - ~ الشَّاعَةِ
٤٢٠	الْمَبْنَاتُ (الْمُزْجَرَةُ وَالْمَلَاذَهْرِيَّةُ)	٤١٥	- ذُرَّةُ ~
٤١٨	النُّجُومُ الْأَشَدُّ نُصُوعًا	٤١٥	الْمُضْلَادَةُ - مَقْيَاسُ مُؤَهَّرٍ لِـ ~
٤٢٤	النُّسُوسُ السُّكَّانِي الْعَالَمِي	٤١٢	الصُّوْتُ وَالصُّوْءُ (كَحَرَكَةٍ مُوجِيَّةٍ)
٤٢٥	هَجْرَةُ الْحَيَوَانَاتُ - مَسَالِكُهَا وَمَدَاهَا	٤١٢	- الْمُعَادِلَةُ الْمَوْجِيَّةُ (لِـ ~ وَ ~)
		٤٠٨	الطَّاقَةُ - الْإِسْتِهْلَاكُ الطَّاقِي الْيَوْمِي لِلْفَرْدِ





## المادة

### الجدول الدوري للعناصر

لقد رُتبت العناصر الكيميائية في هذا الجدول ترتيباً تصاعدياً تبعاً لأعدادها الذرية، كما هي الحال في الجدول الدوري التقليدي. والكتلة الذرية النسبية المعتمدة للعنصر هي للنظير الأكثر شيوعاً، أو النظير الأكثر استقراراً في حال

العناصر المشعة. وحيث تغيب المعطيات للعنصر، فهو قصير العمر جداً والكميات التي حُضرت منه ضئيلة جداً يتعذر تحديده خواصه. أنظر ص ٢٢، ٢٤، ٣١، ٣٢.

الوصف الطبيعي	تاريخ الاكتشاف	التكاثر	نقطة الغليان س°	نقطة الانصهار س°	الكتلة الذرية النسبية	الرمز	العنصر	العدد الذري
غاز عديم اللون	١٧٦٦	١	٢٥٣	٢٥٩	١	هـ	الهيدروجين	١
غاز عديم اللون	٩٥/١٨٦٨	-	٢٦٩	٢٧٢	٤	هـ	الهيليوم	٢
فلز أبيض فضي	١٨١٧	١	١٣١٧	١٧٩	٧	لث	الليثيوم	٣
فلز رمادي	١٧٩٨	٢	٢٤٨٧	١٢٨٣	٩	بي	البريليوم	٤
مصحوق بني ناكز	١٨٠٨	٢	٢٥٥٠	٢٢٠٠	١١	بـ	البورون	٥
		٤.٢			١٢	ك	الكربون	٦
جامد أسود	قديم		٢٩٠٠	٢٥٠٠			~ الغرافيت	
جامد عديم اللون	قديم		٤٨٢٧	٢٥٠٠			~ الماس	
غاز عديم اللون	١٨٨٥	٥.٣	١٩٦	٢١٠	١٤	ن	النيتروجين	٧
غاز عديم اللون	١٧٧٢	٢	١٨٣	٢١٩	١٦	ا	الأكسجين	٨
غاز أصفر مخضر باهت	١٨٨٦	١	١٨٨	٢٢٠	١٩	فل	الفلور	٩
غاز عديم اللون	١٨٩٨	-	٢٤٦	٢٤٩	٢٠	نن	النيون	١٠
فلز أبيض فضي	١٨٠٧	١	٨٩٠	٩٨	٢٣	ص	الصوديوم	١١
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١١٠٥	٦٥٠	٢٤	مغ	المغنسيوم	١٢
فلز فضي	١٨٢٥	٣	٢٤٦٧	٦٦٠	٢٧	لم	الألمنيوم	١٣
جامد رمادي ناكز	١٨٢٤	٤	٢٣٥٥	١٤٢٠	٢٨	سـ	السيليكون	١٤
	١٦٦٩	٥.٣			٣١	فلو	الفسفور	١٥
جامد شمعي	قديم	٦.٤.٢	٢٨٠	٤٤			~ الأبيض	
جامد أصفر	قديم		٤٤٥	١١٩	٣٢	كـب	الكبريت	١٦
غاز أخضر مخضر	١٧٧٤	٧.٥.٣.١	٣٤	١٠١	٣٥	كل	الكلور	١٧
غاز عديم اللون	١٨٩٤	-	١٨٦	١٨٩	٤٠	غو	الأرجون	١٨
فلز أبيض فضي	١٨٠٧	١	٧٥٤	٦٤	٣٩	بو	البوتاسيوم	١٩
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٤٨٧	٨٤٨	٤٠	كا	الكالسيوم	٢٠
فلز فضي	١٨٧٩	٣	٢٨٣١	١٥٤١	٤٥	سك	السكرانديوم	٢١
فلز فضي	١٧٩٥	٤.٢	٣٢٧٧	١٦٧٧	٤٨	ت	التيتانيوم	٢٢
فلز رمادي فضي	١٨٠١	٥.٤.٣.٢	٣٢٧٧	١٩١٧	٥١	فن	الفاناديوم	٢٣
فلز فضي	١٧٩٧	٦.٣.٢	٢٦٤٢	١٩٠٣	٥٢	كر	الكروم	٢٤
فلز أبيض مخضر	١٧٧٤	٧.٦.٤.٣.٢	٢٠٤١	١٢٤٤	٥٥	من	المغنيز	٢٥
فلز أبيض فضي	قديم	٢.٢	٢٨٨٧	١٥٣٩	٥٦	ح	الحديد	٢٦
فلز أبيض مخضر	١٧٣٥	٢.٢	٢٨٧٧	١٤٩٥	٥٩	كو	الكوبلت	٢٧
فلز أبيض فضي	١٧٥١	٢.٢	٢٨٢٧	١٤٥٥	٥٨	ني	النيكيل	٢٨
فلز قزحي	قديم	٢.١	٢٥٨٢	١٠٨٣	٦٣	نح	النحاس	٢٩
فلز أبيض مزرقي	١٧٤٦	٢	٩٠٧	٤٢٠	٦٤	خ	الزئبق	٣٠
فلز رمادي	١٨٧٥	٢.٢	٢٤٠٣	٣٠	٦٩	جا	الجالنيوم	٣١
فلز أبيض رمادي	١٨٨٦	٤	٢٣٥٥	٩٣٧	٧٤	جر	الجرمانيوم	٣٢
جامد رمادي فولاني	١٢٥٠	٥.٣	٦١٣	٨١٧	٧٥	ر	الزرنيخ	٣٣
جامد رمادي	١٨١٧	٦.٤.٢	٦٨٥	٢١٧	٨٠	سل	السيلينيوم	٣٤
سائل بني مخضر	١٨٢٦	٧.٥.٣.١	٥٩	٧	٧٩	بر	البروم	٣٥
غاز عديم اللون	١٨٩٨	-	١٥٢	١٥٧	٨٤	كن	الكريبتون	٣٦
فلز أبيض فضي	١٨٦١	١	٦٨٨	٣٩	٨٥	بيد	الروبيديوم	٣٧
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٢٨٤	٧٦٩	٨٨	سر	السترونشيوم	٣٨
فلز رمادي فولاني	١٧٩٤	٣	٣٣٣٨	١٥٢٢	٨٩	يت	الإيتريوم	٣٩
فلز رمادي فولاني	١٧٨٩	٤	٤٣٧٧	١٨٥٢	٩٠	كز	الزركونيوم	٤٠
فلز رمادي	١٨٠١	٥.٣	٤٧٤٢	٢٤٦٧	٩٣	نـب	النيوبيوم	٤١
فلز فضي	١٧٧٨	٦.٥.٤.٣.٢	٥٥٦٠	٢٦١٠	٩٨	مو	الموليبدنوم	٤٢
فلز رمادي فضي	١٩٣٧	٧.٦.٤.٣.٢	٤٨٧٧	٢١٧٢	٩٧	تـك	التكنيشيوم	٤٣
فلز أبيض مزرقي	١٨٤٤	٨.٦.٤.٣	٣٩٠٠	٢٣١٠	١٠٢	ثن	الثوريوم	٤٤
فلز أزرق فولاني	١٨٠٣	٤.٢	٣٧٢٧	١٩٦٦	١٠٣	پـم	البروميوم	٤٥
فلز أبيض فضي	١٨٠٣	٤.٢	٢٩٧٠	١٥٥٤	١٠٦	لد	البلاديوم	٤٦
فلز أبيض مزرقي	قديم	١	٢٢١٢	٩٦٢	١٠٧	فـ	الفضة	٤٧
فلز أبيض مزرقي	١٨١٧	٢	٧٦٧	٣٢١	١١٤	كـد	الكانديوم	٤٨
فلز فضي مزرقي	١٨٦٣	٢.١	٢٠٠٠	١٥٦	١١٥	ند	الإنديوم	٤٩
فلز أبيض فضي	قديم	٤.٢	٢٢٧٠	٢٣٢	١٢٠	قي	القصدير	٥٠
فلز فضي	قديم	٥.٣	١٣٨٠	٦٣١	١٢١	نت	الأنتيمون	٥١
جامد رمادي فضي	١٧٨٢	٦.٤.٢	٩٩٠	٤٥٠	١٣٠	تل	التلوريوم	٥٢
جامد أسود أرجواني	١٨١١	٧.٥.٣.١	١٨٤	١١٤	١٢٧	بي	البود	٥٣
غاز عديم اللون	١٨٩٨	-	١٠٧	١١٢	١٣٢	نـز	الزئبق	٥٤



## حَقَائِقُ وَمَعْلُومَات . المَادَّة

الوصف الطبيعي	تاريخ الاكتشاف	التكافؤ	نقطة الغليان س	نقطة الانصهار س	الكتلة الذرية النسبية	الرمز	العنصر	العدد الذري
فلز أبيض فضي	١٨٦٠	١	٦٧١	٢٩	١٢٣	سز	السترونشيوم	٥٥
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٦٤٠	٧٣٥	١٢٨	يا	اليوروبيوم	٥٦
فلزي	١٨٣٩	٣	٣٤٥٧	٩٣١	١٣٩	لن	اللانثانوم	٥٧
جامد زمادي نازك	١٨٠٣	٤,٣	٣٤٢٦	٧٩٩	١٤٠	سي	الستيريوم	٥٨
فلز زمادي فولاذي	١٨٨٥	٣	٣٥١٢	٩٣١	١٤١	بس	البراسيوديوميوم	٥٩
فلز أبيض مصفر	١٨٨٥	٣	٣٠٦٨	١٠٢١	١٤٢	مم	النيوديميوم	٦٠
فلزي	١٩٤٧	٣	٢٧٠٠	١١٦٨	١٤٥	يغ	البروميثيوم	٦١
فلز زمادي فاتح	١٨٧٩	٣,٢	١٧٩١	١٠٢٧	١٥٢	سم	الساماريوم	٦٢
فلز زمادي فولاذي	١٨٩٦	٣,٢	١٥٩٧	٨٢٢	١٥٣	يب	اليوروبيوم	٦٣
فلز أبيض فضي	١٨٨٠	٣	٣٢٦٦	١٢١٣	١٥٨	جد	الجادولينيوم	٦٤
فلز فضي	١٨٤٣	٣	٣١٢٣	١٢٥٦	١٥٩	تف	التربيوم	٦٥
فلزي	١٨٨٦	٣	٢٥٦٢	١٤١٢	١٦٤	سب	الديسبروسيوم	٦٦
فلز فضي	١٨٧٨-٩	٣	٢٦٩٥	١٤٧٤	١٦٥	فل	الهولميوم	٦٧
فلز فضي زمادي	١٨٤٣	٣	٢٨٦٣	١٥٢٩	١٦٨	ير	الإربيوم	٦٨
فلزي	١٨٧٩	٣,٢	١٩٤٧	١٥٤٥	١٦٩	تغ	التوليوم	٦٩
فلز فضي	١٨٧٨	٣,٢	١١٩٤	٨١٩	١٧٤	تر	الايتربيوم	٧٠
فلزي	١٩٠٧	٣	٣٣٩٥	١٦٦٣	١٧٥	لو	اللوتثيوم	٧١
فلز زمادي فولاذي	١٩٢٣	٤	٤٦٠٢	٢٢٢٧	١٨٠	هف	الهافنيوم	٧٢
فلز فضي	١٨٠٢	٥,٣	٥٤٢٧	٢٩٩٦	١٨١	تا	التانتالوم	٧٣
فلز زمادي	١٧٨٣	٦,٥,٤,٢	٥٦٦٠	٣٤١٠	١٨٤	تن	التنجستن	٧٤
فلز زمادي مبيض	١٩٢٥	٧,٤,١	٥٦٢٧	٣١٨٠	١٨٧	ثم	الثميوم	٧٥
فلز أزرق زمادي	١٨٠٤	٨,٦,٤,٣,٢	٥٢٩٧	٢٧٠٠	١٩٢	مز	الأرمينيوم	٧٦
فلز أبيض فضي	١٨٠٤	٤,٣	٤١٣٠	٢٤١٠	١٩٣	يد	الإيريديوم	٧٧
فلز أبيض مزرق	١٧٣٥	٤,٢	٢٨٢٧	١٧٧٢	١٩٥	بت	البيلاتين	٧٨
فلز أصفر لماع	قديم	٣,١	٣٠٨٠	١٠٦٤	١٩٧	ز	الذهب	٧٩
سائل فلزي فضي	قديم	٣,١	٣٥٧	٣٩	٢٠٢	بق	الزئبق	٨٠
فلز زمادي مزرق	١٨٦١	٣,١	١٤٥٧	٣٠٢	٢٠٥	تل	التاليوم	٨١
فلز أزرق فولاذي	قديم	٤,٢	١٧٤٤	٣٢٨	٢٠٨	صا	الرصاص	٨٢
فلز فضي شحمر	١٤٥٠	٥,٣	١٥٦٠	٣٧١	٢٠٩	بز	البرموت	٨٣
فلزي	١٨٩٨	٤,٣,٢	٩٦٢	٢٥٤	٢٠٩	بين	البولونيوم	٨٤
فلزي	١٩٤٠	٧,٥,٣,١	٣٧٠	٣٠٠	٢١٠	ست	الاشثاين	٨٥
غاز عديم اللون	١٩٠٠	٠	٦٢	٧١	٢٢٢	ر	الرادون	٨٦
فلزي	١٩٣٩	١	٦٧٧	٢٧	٢٢٣	فر	الفرانسيوم	٨٧
فلز فضي	١٨٩٨	٢	١٧٢٧	٧٠٠	٢٢٦	د	الراديوم	٨٨
فلزي	١٨٩٩	٣	٣٢٠٠	١٠٥٠	٢٢٧	كت	الأكثينيوم	٨٩
فلز زمادي	١٨٢٨	٤	٤٧٨٧	١٧٥٠	٢٣٢	ث	الثوريوم	٩٠
فلز فضي	١٩١٧	٥,٤	٤٠٢٧	١٥٩٧	٢٣١	بكت	البروتكتينيوم	٩١
فلز أبيض مزرق	١٧٨٩	٦,٥,٤,٣	٣٨١٨	١١٣٢	٢٣٨	يو	اليورانيوم	٩٢
فلز فضي	١٩٤٠	٦,٥,٤,٣,٢	٤٠٩٠	٦٣٧	٢٣٧	تو	التوتونيوم	٩٣
فلز فضي	١٩٤٠	٦,٥,٤,٣,٢	٣٣٣٠	٦٤٠	٢٤٤	بل	البليوتونيوم	٩٤
فلز أبيض فضي	١٩٤٤	٦,٥,٤,٣,٢	٣٦٠٧	٩٩٤	٢٤٣	مر	الأمريشيوم	٩٥
فلز فضي	١٩٤٤	٤,٣,٢	٣١٩٠	١٣٤٠	٢٤٧	كم	الكوريوم	٩٦
فلز فضي	١٩٤٩	٤,٣,٢	٧١٠	١٠٥٠	٢٤٧	بك	البركليريوم	٩٧
فلز فضي	١٩٥٠	٤,٣,٢	١٤٧٠	٩٠٠	٢٥١	كف	الكاليفورنيوم	٩٨
فلز فضي	١٩٥٢	٣,٢	٩٩٦	٨٦٠	٢٥٤	ين	الإنشينيوم	٩٩
فلزي	١٩٥٢	٣,٢			٢٥٧	فم	الفرميوم	١٠٠
فلزي	١٩٥٥	٣,٢			٢٥٨	مط	المنذليوم	١٠١
فلزي	١٩٥٨	٣,٢			٢٥٥	نو	النوبليوم	١٠٢
فلزي	١٩٦١	٣			٢٥٦	لر	اللورنسيوم	١٠٣
	١٩٦٩				٢٦٠	اثك	أثيلكتونيوم	١٠٤
	١٩٧٠				٢٦٢	اب	أثيلينتيوم	١٠٥
	١٩٧٤				٢٦٢	اث	أثيلهستيوم	١٠٦
	١٩٧٦				٢٦٢	اشر	أثيلسبينيوم	١٠٧
	١٩٨٤				٢٦٥	انو	أثيلوكتونيوم	١٠٨
	١٩٨٢				٢٦٦	انبي	أثيلينيوم	١٠٩

### إضمحلال المَادَّة

تضمحل العناصر المشعة بمعدلات سريعة مختلفة. وتنبعث العناصر المختلفة أنواعاً مختلفة من الإشعاع عند اضمحلالها تشمل جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما. ويُدعى الزمن اللازم لاضمحلال نصف الكمية الأصلية للعنصر عمر النصف.

اليورانيوم ٢٣٨ ٤٥٠٠ مليون سنة	البليوتونيوم ٢٣٩ ٢٤٤٠٠ سنة	الكربون ١٤ ٥٧٠٠ سنة	الراديوم ٢٢٦ ١٦٠٠ سنة	السترنتشيوم ٩٠ ٢٨ سنة	الهيدروجين ٣ ١٢,٣ سنة
الكوبالت ٦٠ ٥,٣ سنة	الفسفور ٣٢ ١٤,٣ يوم	اليود ١٣١ ٨,١ يوم	الرادون ٢٢٢ ٤ أيام	الرصاص ٢١٠ ٢٧ دقيقة	أثيلينيوم ١٠٥ ٣٢ ثانية

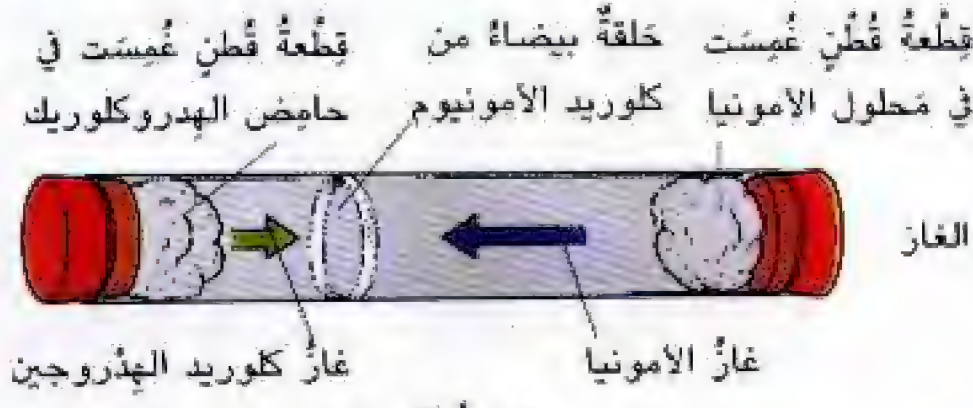


## التفاعلات

### قانون جريام (جراهام) في انتشار الغازات

سرعة انتشار الغاز تتناسب عكسيًا مع كثافته بثبوت الضغط ودرجة الحرارة. أي إن الغاز الأعلى كثافة أقل سرعة انتشار. وهكذا فإن الغازات الخفيفة الجزيئات تنتشر بسرعة أكبر من الغازات الثقيلة الجزيئات.

تتكون حلقة بيضاء من كلوريد الأمونيوم حيث يلتقي الغازان. وحيت إن جزيئات الأمونيا أخف من جزيئات كلوريد الهيدروجين، فإنها تنتشر بسرعة أكبر - وتكون الحلقة البيضاء أقرب إلى الطرف الأسير للأنبوب.



### قانون أفوجادرو

الحجوم المتساوية من الغازات تحوي نفس العدد من الجزيئات في حال تساوي درجة حرارتها وضغطها.

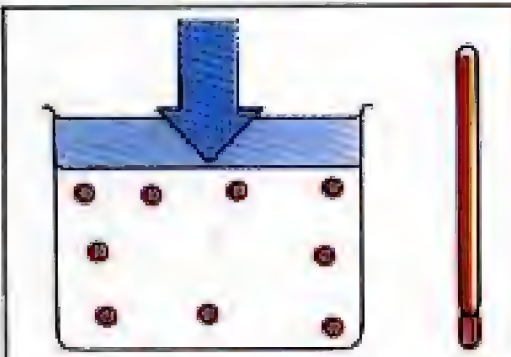
وخذنا حجم من أول أكسيد الكربون (بالرغم من أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون) وخذنا حجم من غاز أول أكسيد الكربون تحويان نفس العدد من الجزيئات كوخدنا حجم من غاز ثاني أكسيد الكربون (بالرغم من أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون أثقل بكثير).

### قانون جاي لوساك

عندما تتفاعل الغازات لينتج غازات أخرى في درجة حرارة وضغط ثابتين، فإن نسبة أحجام المتفاعلات والمنتجات هي نسبة عددية بسيطة صحيحة.

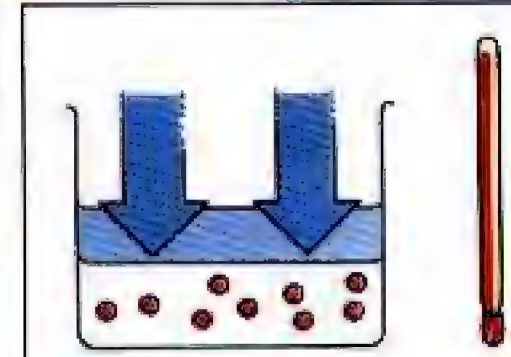


حجمان من غاز أول أكسيد الكربون يتفاعلان دائمًا مع حجم واحد من غاز الأكسجين لينتجا حجمين من غاز ثاني أكسيد الكربون.



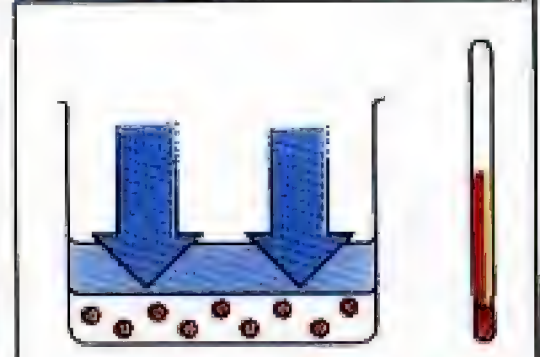
### قانون شارل

حجم الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة المطلقة، في حال ثبوت الضغط (أي يتمدد الغاز بارتفاع درجة الحرارة):  $\frac{V}{T} = \text{ث.}$



### قانون الضغط

ضغط الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة المطلقة، بثبوت الحجم (أي يزداد ضغط الغاز بارتفاع درجة الحرارة):  $\frac{P}{T} = \text{ث.}$



### قانون بويل

ضغط الغاز يتناسب عكسيًا مع حجمه، في حال ثبوت درجة الحرارة (أي يقل الحجم بازدياد الضغط):  $P \times V = \text{ث.}$

### قانون الغاز المثالي

قانون الغاز المثالي يجمع قانوني بويل وشارل وقانون الضغط في معادلة واحدة. وتطبق كافة هذه القوانين على وجه أمثل على الغازات ذات الجزيئات الصغيرة الفسيحة المتباعدة - وهي الغازات التي يقال فيها إنها تشكّل مسلك الغاز المثالي. (ثابت الغاز «ر» هو نفسه لكل الغازات).

## السوابق والخواص

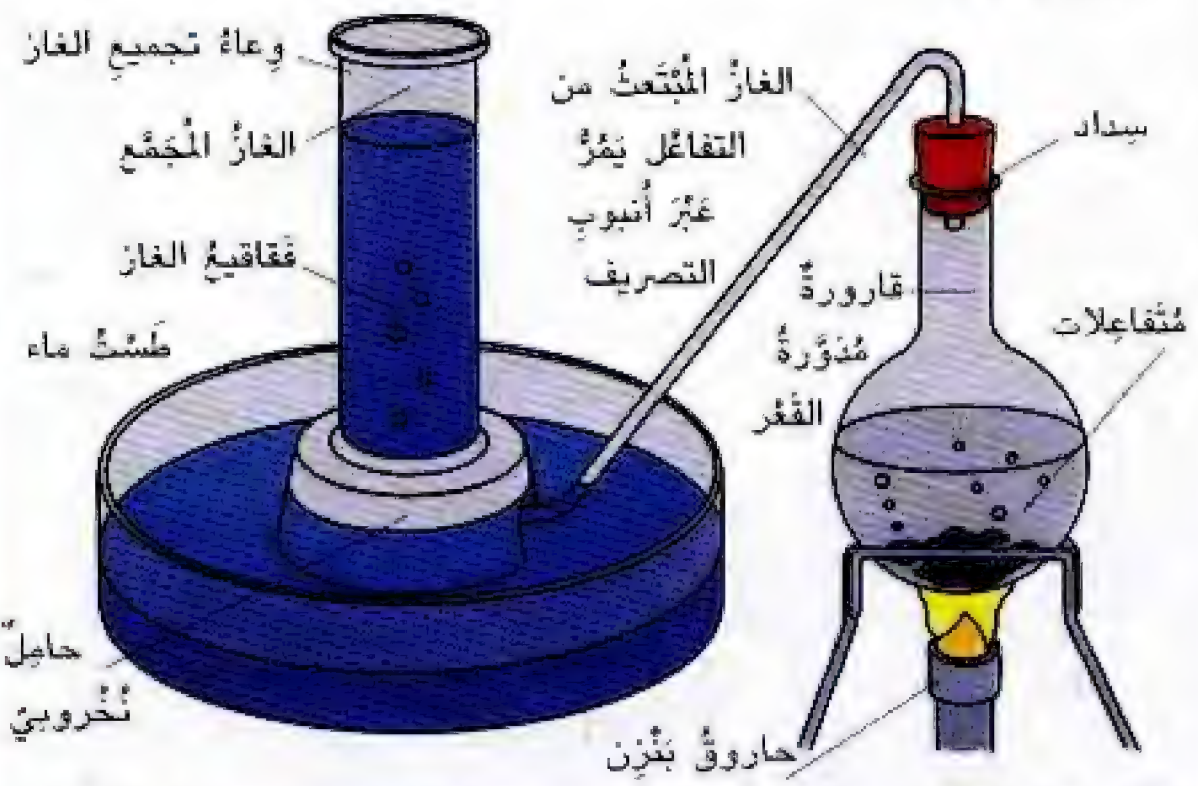
إسم المركب الكيماوي يدلّنا على العناصر التي يتألف منها ذلك المركب. ويمكننا الحصول على هذه المعلومات بالنظر إلى لوائح الاسم الكيماوي أو سوابقه.

المركب ينتهي بـ	الوصف	أمثلة
- يد	يحتوي فقط العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتيد الحديد (ح كب)
- يت	يحتوي الأكسجين بالإضافة إلى العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتيت الحديد (ح كب +)
- ات	يحتوي أكسجينًا أكثر مما هو متواجد في - يت بالإضافة إلى العنصرين المذكورين في الاسم	كبريتات الحديد (ح كب أ)

السابقة (أو البادئة)	عدد الذرات في البادئة	أمثلة
أول	١	أول أكسيد الكربون (ك أ)
ثاني	٢	أكسيد ثنائي النتروجين (أكسيد النتروز) ن٢
ثالث	٣	ثاني أكسيد النتروجين (ن أ)
		ثالث كلوريد البورون (ب كل٣)

## تجميع الغازات

من العسير تجميع الغاز الناتج عن تفاعل كيماوي، لكنّ الجهاز المبين ييسر ذلك.



المتفاعلات في تحضير ثاني أكسيد الكربون، مثلاً، يمكن أن تكون ثنائية الرّخام (كربونات الكالسيوم) وحامض الهيدروكلوريك المخفّف.

## اختبارات تعرف الغازات





## سلسلة التفاعلية

السلسلة التالية تُقارَن بين تفاعلية (وفاعلية) الفلزَّات المختلفة . فالفلزَّات في أعلى السلسلة هي الأكثر تفاعلية، والأقل تفاعلية هي في أسفلها .

الفلز	التفاعل عند الإحماء في الهواء	التفاعل مع الماء	التفاعل مع حامض مُخَفَّف
K البوتاسيوم «بو»	إحتراق شديد يُنتِج الأكاسيد.	تفاعل مع الماء البارد لإنتاج غاز الهيدروجين ومُحلول هيدروكسيد قلوي. تَقُلُّ شِدَّةُ التفاعل نزولاً نحو أسفل السلسلة.	تفاعل غثيف يُنتِج غاز الهيدروجين ومُحلولاً مُلحيًا.
Na الصوديوم «ص»	إحتراق يُقَلُّ شِدَّتُهُ نحو أسفل السلسلة.	لا تفاعل مع الماء البارد، تفاعل مع البخار يُنتِج غاز الهيدروجين وأكسيد الفلز. وتَقُلُّ شِدَّةُ التفاعل نحو أسفل السلسلة.	تفاعل يُنتِج غاز الهيدروجين ومُحلولاً مُلحيًا. وتَقُلُّ شِدَّةُ التفاعل نحو أسفل السلسلة.
Ca الكالسيوم «كا»	تفاعل بطيء يُشكِّل طبقة أكسيدية سطحية	لا تفاعل	لا تفاعل
Mg المغنسيوم «مغ»			
Al الألومنيوم «الم»			
Zn الخارصين «خ»			
Fe الحديد «ح»			
Pb الرصاص «صا»			
Cu النحاس «نح»			
Ag الفضة «ف»			
Au الذهب «ذ»			

قُدْرَةُ مُتَزَايِدَةٍ  
عَلَى الإِزَاخَةِ.

تَفَاعُلِيَّة  
مُتَزَايِدَةٌ

## أجهزة مُخَبِّرِيَّة (أو مَخْبَرِيَّة)

هذه بعض أكثر الأجهزة استخدامًا في المُخَبِّرَات .

قائمة: تُسبِك القامطة الأنابيب فوق الحامل.

فِنج الفضل: يَفْصَلُ سائلين لا مُزُوجين . فالسائل الأثقل يَسْتَقِرُّ في القعر، ويمكن استِغْرَاقُهُ أَوَّلًا.

حامل: يُثَبِّت الحامل في الأجهزة في مكانها.

قارورة مُسَطَّحة القعر: تُستخدم في تفاعلات السوائل عندما لا يكون هناك حاجة للتسخين.

أنبوب إغلاء: أنبوب من الزجاج السُميك الصايد للحرارة، يُستخدم في الإحماء الشديد للجوامد والسوائل.

جَفَنَةٌ تَخْيِر: تُستخدم لاحتواء المحاليل المراد تسخينها بملْطَب لَطَرْدِ المَذْيَب.

أنبوب اختبار: يُستخدم في التفاعلات الكيميائية البسيطة؛ وقد لا يكون ملائمًا للإحماء الشديد.

قارورة حَجْمِيَّة: تُستخدم في تحضير مُحلولٍ دَقِيق التركيز جدًا . والسداد يُمكن من مَزَج المحاليل جيدًا.

مِخْيَارُ قِيَاسٍ مُدَرَّج: يُستخدم في القياس التقريبي لحجم السائل.

دُورَق: يُستخدم كالكأس لاحتواء السوائل.

سَحَاحَةٌ: تُستخدم في إضافة مُحلولٍ إلى آخر؛ كما تُسَجِّلُ كَمِيَّةَ المُحلول المُستخدم بدقة.

مَاصَّةٌ مُدَرَّجَةٌ: تُستخدم لقياس أحجام مُحدَّدة بدقة من السوائل.

قارورة مَخْرُوطِيَّة: تُستخدم في إجراء التفاعلات . وهي، بخلاف الدُورَق، يُمكن سَدُّها ببِداد.

قَطَّارَةٌ: تُستخدم في إضافة كَمِيَّات قليلة، غير بالغة الدقة، من مُحلولٍ إلى آخر.

مِخْيَارُ قِيَاسٍ مُدَرَّج: يُستخدم في القياس التقريبي لحجم السائل.



## المواد

### استعمالات الإيثين

يُستَحصَرُ الإيثين خلال عمليات تكرير النّفْط أو الزيت الخام، بطريقة التّكسير. وتُجرى هذه العملية في وَحَدَات كيميائية ضَخْمَة، حيثُ تعمل الحرارة على تكسير مزيج من الهيدروكربونات يُعرَفُ بالنّفْثا. وتُستَخدَمُ المُنتَجاتُ الثانويّة وَقَدْ أَوْ كموادّ أوليّة مُهمّة في عمليات كيميائية أخرى. ويُستَخدَمُ الإيثين مُستَقِلًا لِإنتاج الشّمار صناعيًّا؛ لكنّ عندما يتفاعل مع الكيماويّات، كما أدناه، فإنّه يُنتِجُ موادّ جديدة لها مَنَاسِبُ الاستعمالات في المَجالات الصناعية.

#### بوليثين (مَكثُورُ الإيثين)

يُستَخدَمُ في التغليف والتوصيب (كالأغشية اللدائنة اللاصقة والأكياس والقناني)؛ والأدوات المَقُولَة (كالأطباق والأكواب والأواني المطبخيّة)؛ وغيرها (كالمواسير والكُبُول العازلة والملابس والأقلام الفوتوغرافيّة).

#### إيثانول

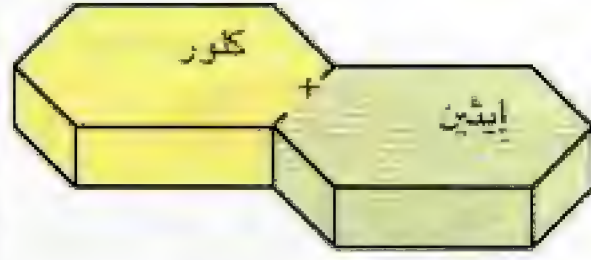
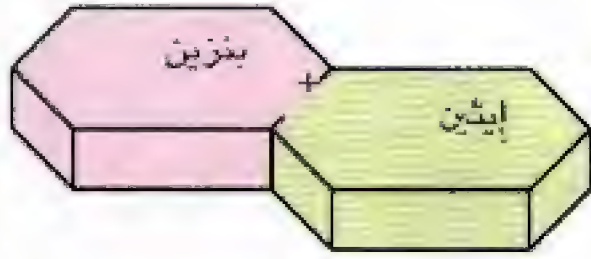
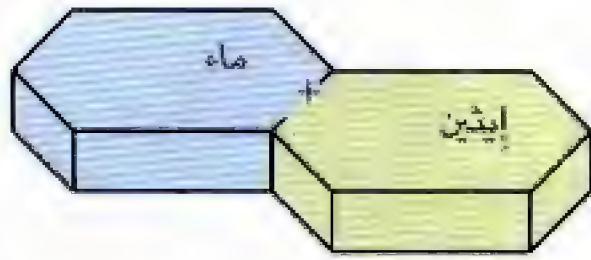
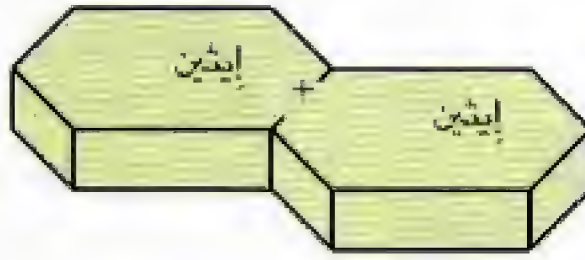
يُستَخدَمُ في تحضير نُظُل الحلاقة والظُفُور ومُستحضرات التجميل والكحول المُثِيل ومذيبات الدّهان والرّاتينجات وأنواع الصابون والأصباغ وغيرها (كاللدائن والعقاقير - كخُحدرات التبّنج، والأنسجة).

#### بوليسثيرين

يُستَخدَمُ في صُنْع بلاط السّقوف وعوازل الجدران المُفَرَّغَة والطاسات والأكواب وموادّ التغليف (كما في أوعية اللّبن)؛ والنّيلون (للملابس والسّجاد وأوتار مُضارب النّس وشبّاك صيد الشّوك)؛ وغيرها (كأدوية السيّارات والدّهانات اللّثيّة والأقراص الحاسوبية والألعاب).

#### كلوريد البوليڤينيل

يُستَخدَمُ كَمادّة عازلة وكتّغطية واقية (لمواسير الغاز والماء وخراطيم المياه والكُبُول العازلة وتركيبات السّقوف وأُظُر النوافذ وبلاط الأرضيات)؛ وكذلك لِصُنْع ورق الجدران والسّتائر والمُشتمعات والملابس الواقية والحفّاف اليدويّة والألعاب والأسطوانات وشرايط التسجيل، والكيماويّات (كالمُخَنّات المُطَهِّرة ومُزيّلات الشّحم) والمُبرّدات وغيرها.

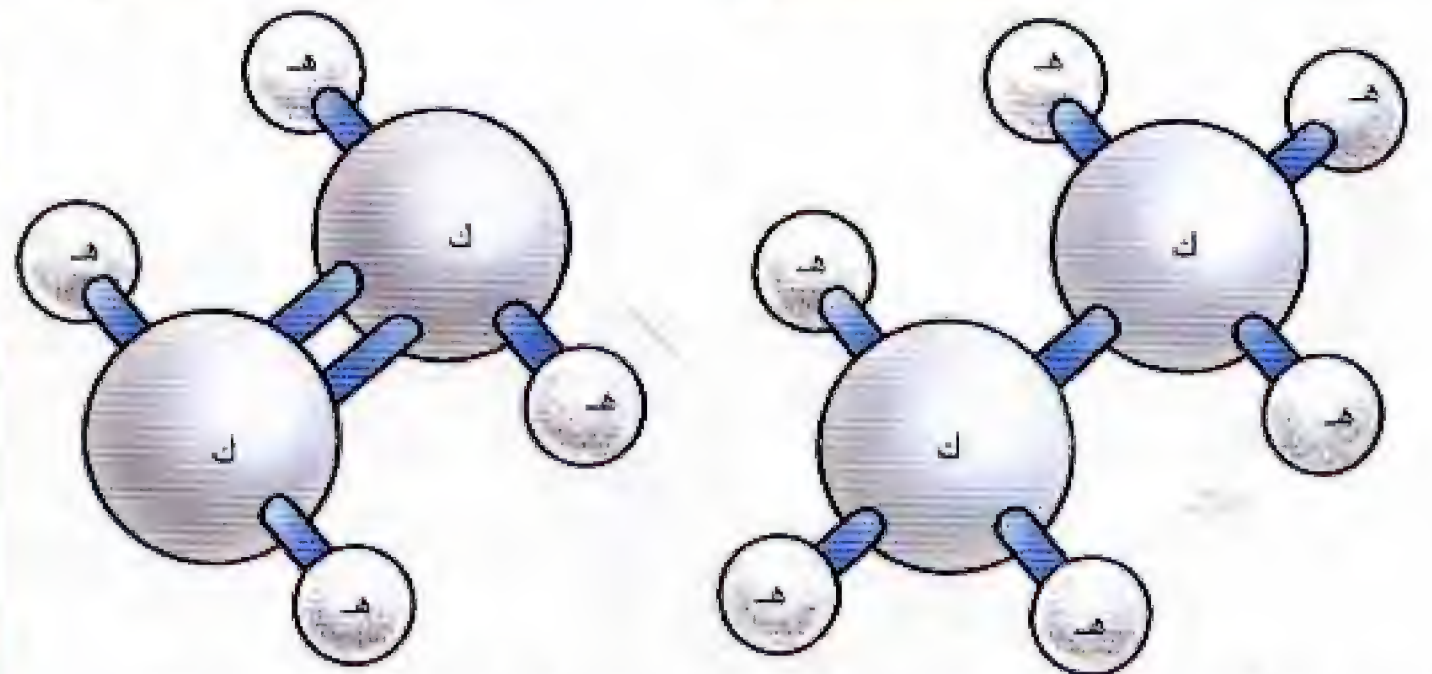


### الألكانات والألكينات

الألكانات والألكينات مُركّبات كيميائية هيدروكربونيّة تتألّف من عُنصرَين فقط هما الهيدروجين والكربون. ومع أنّ ذرّات هذين العنصرَين مُرتّبة بالنّسبة لبعضهما في كلا نوعي المُركّبات، فإنّ التّرابُطَ بين ذرّات الكربون أحاديّ في الألكانات وثنائيّ في الألكينات. وهذا الفرقُ يعني أنّ الألكينات تتفاعل مع الموادّ الأخرى أكثر من الألكانات (أنظُر استخدامات الإيثين إلى اليسار). وتُستَخدَمُ الألكانات كوقودٍ بصورة رئيسيّة. وتُتباينُ خصائصُ الألكانات والألكينات تبعًا لعدد ذرّات الكربون التي تحتويها.

#### الألكانات

عدد ذرّات الكربون في السّلسلة	اسم المُركّب	الحالة الطبيعيّة على ٢٢° س	الصيغة الجزيئيّة
١	الميثان	غاز	$CH_4$
٢	الإيثان	غاز	$C_2H_6$
٣	البروبان	غاز	$C_3H_8$
٤	البيوتان	غاز	$C_4H_{10}$
٥	البنزين	سائل	$C_5H_{12}$
٦	الهكسان	سائل	$C_6H_{14}$
٧	الهيبتان	سائل	$C_7H_{16}$
٨	الأوكتان	سائل	$C_8H_{18}$
٩	النونان	سائل	$C_9H_{20}$
١٠	الديكان	سائل	$C_{10}H_{22}$



الإيثين المُركّب نموذجيّ يحوي رابطة ثنائيّة بين ذرّتي الكربون.

الإيثان مثالٌ على ألكانٍ يحوي رابطة أحاديّة بين ذرّتي الكربون.

#### الألكينات

عدد ذرّات الكربون في السّلسلة	اسم المُركّب	الحالة الطبيعيّة على ٢٢° س	الصيغة الجزيئيّة
٢	الإيثين	غاز	$C_2H_4$
٣	البروبين	غاز	$C_3H_6$
٤	البيوتين	غاز	$C_4H_8$
٥	البنين	سائل	$C_5H_{10}$
٦	الهكسين	سائل	$C_6H_{12}$
٧	الهيبتين	سائل	$C_7H_{14}$
٨	الأوكتين	سائل	$C_8H_{16}$
٩	النونين	سائل	$C_9H_{18}$
١٠	الديكين	سائل	$C_{10}H_{20}$

### كربونات الصوديوم

كربونات الصوديوم  $Na_2CO_3$  (ص ٢ ك ١) مُركّب كيميائيّ صناعيّ مُهمٌ يُحصَرُ من حجر الجير وبلغ الطعام. ويُستَخدَمُ أساسًا في صُنْع الرّجّاج بالإحمااء مع حجر الجير والرّمْل. والرّجّاج زهيد تكاليف الإنتاج لأنّ مادّة الأويّة متوافرة بكثرة.

يُستَخدَمُ رمادُ الصّودا

(كربونات الصوديوم)

اللامائية بصورة رئيسيّة في

صُنْع الرّجّاج والكيماويّات

والمنظفات. وتُستَخدَمُ كميات

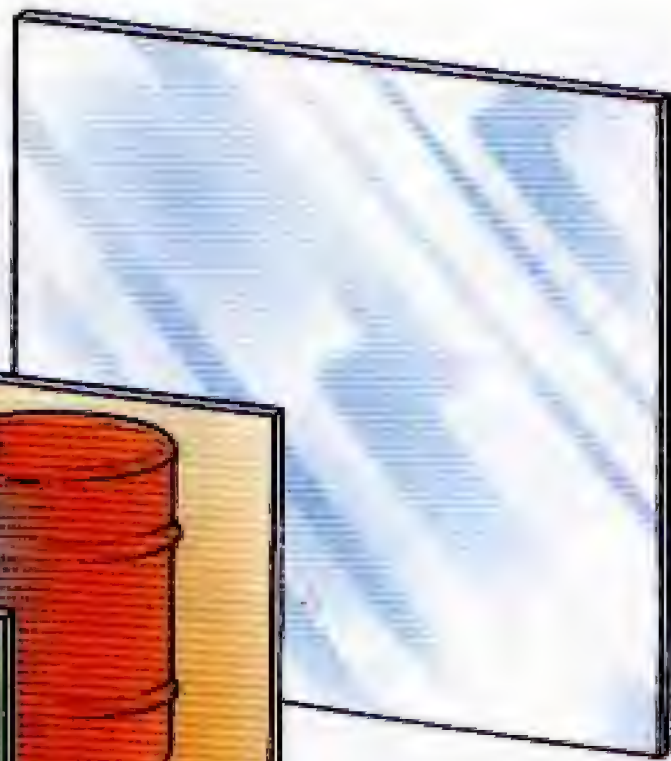
أقلّ منه في صُنْع موادّ أخرى.

كيماويّات  
٢٥%

منظفات  
١٥%

موادّ أخرى  
١٠%

رّجّاج  
٥٠%





## توزع المواد الأولية في العالم



## المنتجون الرئيسيون للمواد الأولية

المادة	المنتجون الرئيسيون	المجموع العالمي
البوكسيت (أكسيد الألومنيوم)	أستراليا ٣٧,٤ مليون طن غينيا ١٦,٥ مليون طن	١٠٦٤ مليون طن
الفحم الحجري	الصين ١٠,٥٤ مليون طن الولايات المتحدة ٨٨٩ مليون طن	٥٨٨٢ مليون طن
النحاس	تشيلي ١,٦ مليون طن الولايات المتحدة ١,٥ مليون طن	٩,٢ مليون طن
الغاز الطبيعي	كندا ٧٩٦,٠٠٠ مليون م <sup>٣</sup> الولايات المتحدة ٤٨٨,٧٤٩ مليون م <sup>٣</sup>	٢١٠٠,٠٠٠ مليون م <sup>٣</sup>
خام الحديد	كندا ٢٤١ مليون طن الصين ١٦٥ مليون طن	٩٨٤ مليون طن
كاولين (طفل)	كندا ٢٣,١ مليون طن الجمهورية الكورية ١,٢ مليون طن	٢٣,١ مليون طن
النفط	كندا ٦٠٧ مليون طن الولايات المتحدة ٣٧٢ مليون طن المملكة العربية السعودية ٢٥٧ مليون طن	٢٩٨٧ مليون طن
ملح الطعام	الولايات المتحدة ٣٥,٥ مليون طن الصين ٢٨,٣ مليون طن	١٨٩ مليون طن
الكبريت	الولايات المتحدة ١١,٦ مليون طن الصين ٧,٤ مليون طن	٦٠,٣ مليون طن
الخشب	الولايات المتحدة ١١٠,٩ مليون م <sup>٣</sup> كندا ٨٦٣ مليون م <sup>٣</sup>	٧١٤٧ مليون م <sup>٣</sup>

## استخدامات المواد الأولية

المواد الأولية	الاستخدامات
البوكسيت (أكسيد الألومنيوم)	أهم مصدر للألمنيوم - الذي يُستخدم في صناعة الطائرات وزقاق التغليف والسيارات والدهانات والأواني المطبخية.
الفحم الحجري	يتألف الفحم الحجري بصورة رئيسية من الكربون، ويُستخدم وقودًا لتدفئة المنازل وتوليد الكهرباء.
النحاس	يستخدم النحاس في صنع الأسلاك والكابلات الموصلة للكهرباء؛ وفي تصنيع سبائك من السبائك كالنحاس الأصفر.
الغاز الطبيعي	يستخدم الغاز الطبيعي في صنع الأمونيا؛ وفي المنازل يُستخدم وقودًا للتدفئة والطبخ.
خام الحديد	يستخدم الحديد في تصنيع قطع محركات السيارات والمعدات وفي صنع الفولاذ. والفولاذ أقوى من الحديد وأحد المواد الرئيسية في بناء الجسور والمباني الشاهقة.
كاولين (طفل)	يستخدم الكاولين في صنع الطوب والإسمنت لبناء المنازل، والخرفات لصنع الفخار.
النفط	يستخدم النفط وقودًا لمحركات الطائرات والسيارات والمصانع، وفي صنع اللدائن.
ملح الطعام	يستخدم الملح تابلًا للطعام، وفي صنع هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) وكربونات الصوديوم.
الكبريت	يستخدم الكبريت في تحضير حامض الكبريتيك، الذي يُستخدم في تصنيع الدهانات والمخلفات واللدائن واللايف.
الخشب	يستخدم الخشب في بناء المنازل وصنع الجيران (ج. جانز) والأبواب والأثاث؛ وهو أيضًا المادة الأولية لصنع الورق.

\* إتحاد الجمهوريات  
الشوفياتية الاشتراكية سابقا



## القوى والطاقة

سليوس فرنهيت كلفن

١٠٠ ٢١٢ ٢٧٣

٩٠ ١٩٤ ٢٦٣

٨٠ ١٧٦ ٢٥٣

٧٠ ١٥٨ ٢٤٣

٦٠ ١٤٠ ٢٣٣

٥٠ ١٢٢ ٢٢٣

٤٠ ١٠٤ ٢١٣

٣٠ ٨٦ ٢٠٣

٢٠ ٦٨ ١٩٣

١٠ ٥٠ ١٨٣

٠ ٣٢ ١٧٣

١٠- ١٤ ١٦٣

٢٠- ٤- ٢٥٣

### مقاييس درجات الحرارة (الترموترات)

تقاس درجات الحرارة بالترموتر (ميزان الحرارة) الذي يقيس درجة حمو أو برودة الأجسام أو الأشخاص. وكلما ارتفعت قراءة المقياس كان حمو الجسم أكثر. إذا كانت درجة حرارة جسم ما دون درجة الصفر على مقياس سليوس (وهي نقطة تجمد الماء) فتقرأ كرقم سلبى.

درجة حرارة مركز الشمس ١٤ مليون °س

يغلي الماء على درجة ١٠٠ °س (في ضغط عيارى)

درجة الحرارة القصوى التي يتحملها جسم الإنسان العارى ٧٤ °س

درجة حرارة جسم الإنسان العادية ٣٧ °س

درجة الحرارة الدنيا التي يتحملها جسم الإنسان العارى ١٠ °س

درجة تجمد الماء صفر (٠) °س

### خط يلمسول

تظفو السفن لأن معدل كثافتها أقل من كثافة الماء. ويظلى عادة على جانب هيكل السفينة علامة تدعى خط يلمسول يبين الحمولة المأمونة القصوى. فإن غطست السفينة إلى ما فوقه تكون مفرطة الحمولة.

علامات يلمسول حسب

سجل لويد

مياه عذب مداري TF

مياه قلع مداري T

مياه قلع صيفي S

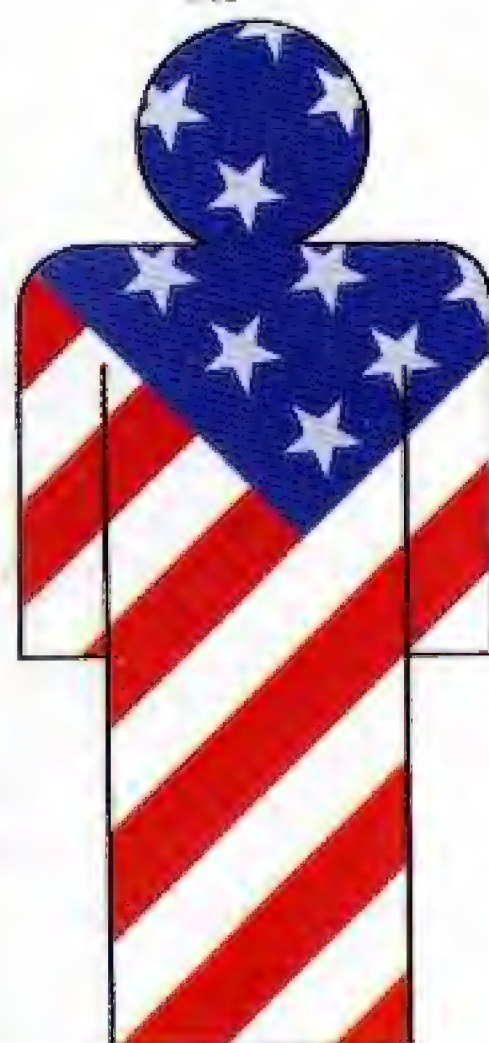
مياه قلع شتاء W

مياه الاطلسي الشمالي

WNA

الولايات المتحدة

٢٤ مليون

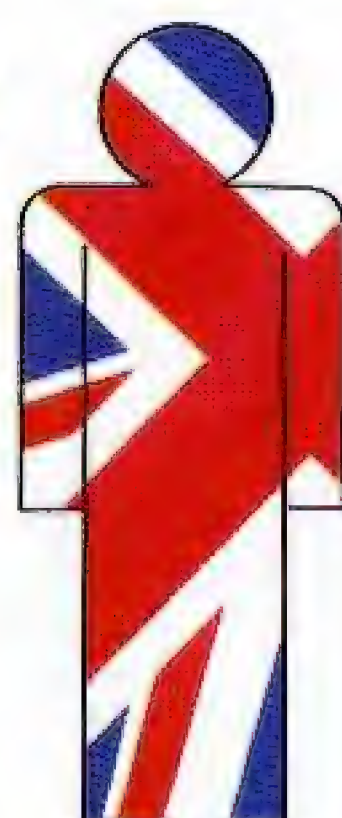


الاستهلاك الطاقي اليومي

لل فرد بالكيلوجول

المملكة المتحدة

١٧,٥ مليون



أستراليا

١٦,٥ مليون



### معدل الاستهلاك الطاقي اليومي للفرد

يبيّن المخطط التالي مدى اختلاف استهلاك الشخص للطاقة يومياً من بلد إلى آخر. الأرقام المعطاة تشمل مختلف مصادر الطاقة - كالطعام والكهرباء والغاز والبترول - بمختلف مشتقاته.

الشيلى

٤ مليون



الصين

٢,٥ مليون



الهند

١,٦ مليون





## وَحَدَاتُ الْقِيَاسِ (فِي النِّظَامَيْنِ الْمِثْرِيِّ وَالْإِمْبَرَاتُورِيِّ)

وَحَدَاتُ الْقِيَاسِ

الوحدات المِثْرِيَّة	الوحدات الإمبراطوريَّة	ما يُعَادِلُهَا
الطول	الطول	ما يُعَادِلُهَا
سنتيمتر (سم)	قدم	١٢ إنشاً أو بوصة (إنش)
متر (م)	يااردة (يا)	٣ أقدام
كيلومتر (كم)	ميل	١٧٦٠ ياردة
المساحة	المساحة	
سنتيمتر مربع (سم <sup>٢</sup> )	قدم مربع (قدم <sup>٢</sup> )	١٤٤ إنشاً مربعاً (إنش <sup>٢</sup> )
متر مربع (م <sup>٢</sup> )	يااردة مربع (يا <sup>٢</sup> )	٩ أقدام مربع
هكتار	فدان	٤٨٤٠ ياردة مربع
كيلومتر مربع	ميل مربع	٦٤٠ فداناً
الحجم	الحجم	
سنتيمتر مكعب (سم <sup>٣</sup> )	باينت	٣٤,٦٨ إنش مكعب (إنش <sup>٣</sup> )
لتر (ل)	كوارت	باينتان
متر مكعب (م <sup>٣</sup> )	غالون	٤ كوارتات
الكتلة	الكتلة	
كيلوغرام (كغ)	باوند	١٦ أونصة
طن (طن)	طن	٢٢٤٠ باونداً

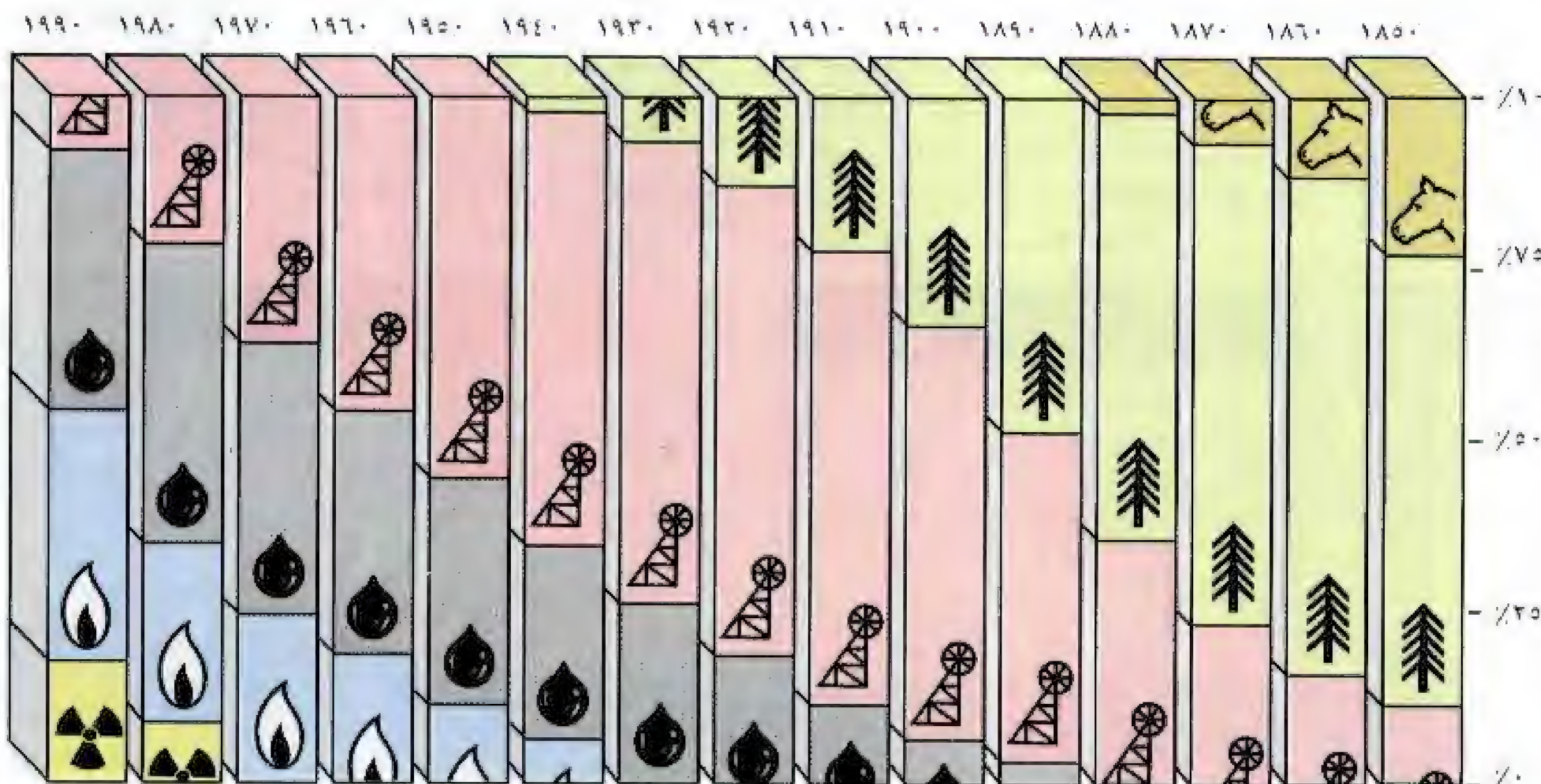
التحويل من وحدات إمبراطوريَّة إلى مِثْرِيَّة

التحويل من وحدات مِثْرِيَّة إلى إمبراطوريَّة

إلْتِزَابٌ فِي	إِلَى	لِلتَّحْوِيلِ مِنْ	إِلَى	إلْتِزَابٌ فِي
الطول	الطول	الطول	الطول	الطول
سنتيمترات	إنشات	سنتيمترات	إنشات	سنتيمترات
أمتار	أقدام	أمتار	أقدام	أمتار
كيلومترات	أميال	كيلومترات	أميال	كيلومترات
المساحة	المساحة	المساحة	المساحة	المساحة
سنتيمترات مربعة	إنشات مربعة	سنتيمترات مربعة	إنشات مربعة	سنتيمترات مربعة
أمتار مربعة	أقدام مربعة	أمتار مربعة	أقدام مربعة	أمتار مربعة
هكتارات	فدادين	هكتارات	فدادين	هكتارات
كيلومترات مربعة	أميال مربعة	كيلومترات مربعة	أميال مربعة	كيلومترات مربعة
الحجم	الحجم	الحجم	الحجم	الحجم
سنتيمترات مكعبة	إنشات مكعبة	سنتيمترات مكعبة	إنشات مكعبة	سنتيمترات مكعبة
لترات	باينتات (إمبراطوريَّة)	لترات	باينتات (إمبراطوريَّة)	لترات
لترات	غالونات (إمبراطوريَّة)	لترات	غالونات (إمبراطوريَّة)	لترات
الكتلة	الكتلة	الكتلة	الكتلة	الكتلة
غرامات	اونصات	غرامات	اونصات	غرامات
كيلوغرامات	باونداً	كيلوغرامات	باونداً	كيلوغرامات
أطنان	أطنان (إمبراطوريَّة)	أطنان	أطنان (إمبراطوريَّة)	أطنان

## الْمَوَارِدُ الطَّاقِيَّةُ الْمُتَغَيِّرَةُ

يُبيِّنُ الْمُحِطَّظُ التَّالِيُّ تَغْيِرَاتِ مَوَارِدِ الطَّاقَةِ فِي الْعَالَمِ مُنْذُ الْعَامِ ١٨٥٠. وَيُضَيِّحُ بِالرُّجُوعِ إِلَى مَفْتاحِ الرُّمُوزِ أَدْنَاهُ أَنَّ مَوَارِدَ الطَّاقَةِ الْمُتَزَايِدَةَ الْإِسْتِخْدَامَ فِي النُّقْطِ وَالْغَازِ وَالطَّاقَةِ النَّوَوِيَّةِ.





## الكهرباء والمغناطيسية

### الوحدات الدولية - جدول رموزها

نظام الوحدات الدولية سلسلة من الوحدات المتفق عليها دوليًا للاستخدام في الأغراض العلمية. والمضاعفات المستخدمة، مع بعض الوحدات الكهربائية في هذا النظام صغراً أو كبيراً، تشمل: بيكو  $10^{-12}$ ؛ ميكرو  $10^{-6}$ ؛ ميلي  $10^{-3}$ ؛ كيلو  $10^3$ ؛ وميجا  $10^6$ .

الكمية	الرمز	الوحدة	الاختصار	التوضيح
فَلْطِيَّة	ف	فَلْط	ف	نتيجه البطارية أو المولد فِلْطِيَّة وتبعث تياراً كهربائياً في الدارة. فرق الجهد الذي مقداره فِلْط يدفع تياراً مقداره أمبير عبر مقاومة مقداره أوم.
شِدَّة التَّيَّار	ت	أمبير	أ	التَّيَّار هو دَفْق من الجسيمات المشحونة (من الإلكترونات عادة). فترتيان $10^{-18}$ إلكترون في الثانية يساوي أمبيراً واحداً.
مُقاوَمَة	م	أوم	أوم ( $\Omega$ )	مُقاوَمَة المُوصِّل هي مقداره صَدَّه لسريان التَّيَّار. وهذه المُقاوَمَة تسبِّب تحوُّل بعض الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.
طاقة	طا	جول	جول	يستهلك جُول من الطاقة الكهربائية في الثانية عندما يسري تيار مقداره أمبير عبر مُقاوَمَة مقداره أوم.
قُدْرَة	قد	واط	واط	القُدْرَة هي مُعدَّل الشَّغل المبذول أو الطاقة المستهلكة. إنَّ قُدْرَة واط واحد تُساوي مُعدَّل جُول واحد في الثانية.
كميَّة الشَّحْنَة الكهربائيَّة	ك	كُولوم	كل	الكُولوم وحدة قياس كميَّة الشَّحْنَة الكهربائيَّة. وهو يُساوي الشَّحْنَة المنقولة بواسطة تيار مقداره أمبير في ثانية.

### التعبير بالمعادلات

المعادلات المبينة أدناه لا تعني شيئاً بحد ذاتها؛ لكنَّ كلاً منها يُمكنك من الحصول على ثلاث معادلات - كلُّ واحدة منها تُمكنك من احتساب إحدى الكميات الثلاث إذا كانت اثنتان منها معروفتين. وللحصول على الجواب الصحيح يجب التعبير عن جميع الكميات بوحدات من نظام القياس نفسه (نظام الوحدات الدولي).

في التعبيرات التالية جميعها، يمكن فصل الكمية المراد احتسابها؛ فيصبح لديك:

$$\frac{1}{\text{ب}} = \frac{\text{أ}}{\text{ج}}$$

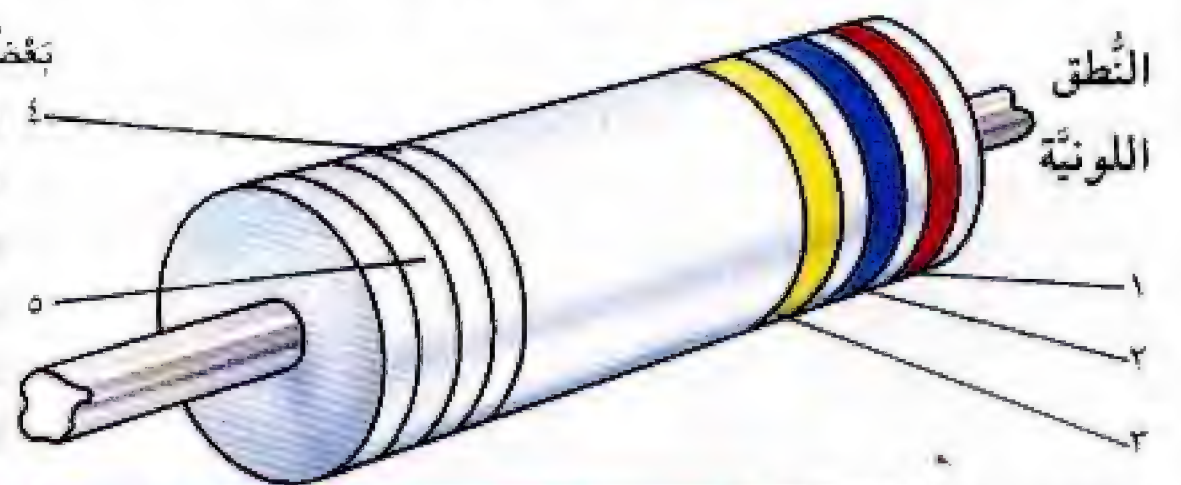
$$\frac{1}{\text{ب}} = \frac{\text{أ}}{\text{ج}} ; \frac{1}{\text{ج}} = \frac{\text{أ}}{\text{ب}} ; \frac{1}{\text{أ}} = \frac{\text{ج}}{\text{ب}}$$

الشَّحْنَة الكهربائيَّة	$1 = \frac{\text{شِدَّة التَّيَّار} \times \text{الرَّمَن}}$
الْفَلْطِيَّة	$1 = \frac{\text{شِدَّة التَّيَّار} \times \text{المُقاوَمَة}}$
القُدْرَة (المُبْدَدة في المُقاوَمَة)	$1 = \frac{\text{الْفَلْطِيَّة} \times \text{شِدَّة التَّيَّار}}$
الطَّاقَة	$1 = \frac{\text{القُدْرَة} \times \text{الرَّمَن}}$
السَّرعَة الموجيَّة	$1 = \frac{\text{الرَّدْد} \times \text{الطول الموجي}}$

### المقاومات الكهربائية

تستخدم المقاومات للتحكم في سريان التيار في الدارة؛ وتُقاس المُقاوَمَة بالأوم ( $\Omega$ ). وتظهر قيمة المقاومة عادة بالأوم ( $\Omega$ ) - مبيَّنة بثلاثة نطق ملونة هي جزء من شفرة لونية خاصة.

بعض المقاومات تحوي النطاقين الرابع والخامس: ١. التفاوت المسموح: يُبيِّن مدى قُرْب مُقاوَمَة المُقاوَم من القيمة المرقومة عليه. مثال ذلك: مُقاوَم  $100 \Omega \pm 2\%$ ، يعني أنَّ مُقاوَمَتَه تتراوح بين ٩٨ و  $102 \Omega$ . ٢. مُعامل درجة الحرارة بأجزاء من المليون لكل درجة سيلسيوس ( $^{\circ}\text{C}/\text{م}$ ). هذا المُعامل يُبيِّن مقداره تغيُّر المُقاوَمَة بتغيُّر درجة الحرارة.



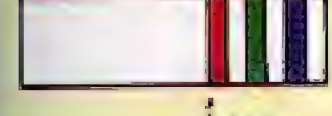
شفرة الترميز	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	أبيض	ذهبي	فضي
نطاق الرقم الأول	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩			
نطاق الرقم الثاني	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩			
نطاق المضاعف	١	١٠	١٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠	مليون	١٠ ملايين					
نطاق التفاوت المسموح		٪١	٪٢			٪٠.٥	٪٠.٢٥	٪٠.١					
نطاق مُعامل درجة الحرارة	٢٠٠ $^{\circ}\text{C}/\text{م}$	١٠٠ $^{\circ}\text{C}/\text{م}$	٥٠ $^{\circ}\text{C}/\text{م}$	٢٥ $^{\circ}\text{C}/\text{م}$	١٥ $^{\circ}\text{C}/\text{م}$	١٠ $^{\circ}\text{C}/\text{م}$	٥ $^{\circ}\text{C}/\text{م}$	١ $^{\circ}\text{C}/\text{م}$					



٢٢٠٠ أوم (أو ٢.٢ ميجا  $\Omega$ )



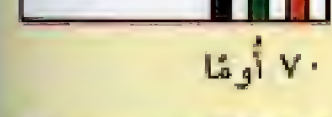
٢٤٠٠ أوم (أو ٢٤ كيلو  $\Omega$ )



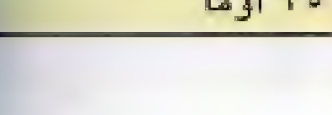
٧٥٠٠ أوم (أو ٧.٥ كيلو  $\Omega$ )



٦٥٠ أوم



٧٠ أوم



٣٥ أوم



## شَفْرَةُ مُورْس

يُمْكِنُ إِزْسَالُ الرِّسَالَةِ بِشَفْرَةِ مُورْس الْمُتَّفَقِ عَلَيْهَا دَوْلِيًّا وَالْمُؤَلَّفَةِ مِنْ نَقْطٍ وَشُرْطٍ تُمَثِّلُ الْحُرُوفَ وَالْأَرْقَامَ وَسِمَاتٍ أُخْرَى.

a	• —	m	— —	y	— • — —
b	— • • •	n	— •	z	— — • •
c	— • — •	o	— — —	1	• — — — —
d	— • •	p	• — — •	2	• • — — —
e	•	q	— — • —	3	• • • — —
f	• • — •	r	• — •	4	• • • • —
g	— — •	s	• • •	5	• • • • •
h	• • • •	t	—	6	— • • • •
i	• •	u	• • —	7	— — • • •
j	• — — —	v	• • • —	8	— — — • •
k	— • —	w	• — —	9	— — — — •
l	• — • •	x	— • • —	0	— — — — —

## الرُّمُوزُ الْكَهْرَبَائِيَّةُ وَالْإِلِكْتَرُونِيَّةُ

الرُّمُوزُ الْمُسْتَعْمَلَةُ عَادَةً لِبَعْضِ مَقَوِّمَاتِ الدَّارَاتِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ وَالْإِلِكْتَرُونِيَّةِ مُبَيَّنَةٌ أَدْنَاهُ. أَيْحَاثًا تُسْتَعْمَلُ رُمُوزٌ بَدِيلَةٌ لِكَثِيرٍ مِنْ هَذِهِ الْمَقَوِّمَاتِ، بِخَاصَّةٍ فِي الْكُتُبِ الْمُنَشُورَةِ فِي بُلْدَانٍ مُخْتَلِفَةٍ.

مُقاوِم	فُلْطِمِيتر	أَمْپِيتر
مُوَاسِع	مُقاوِمٌ ضَوْئِيٌّ اِلْعْتِمَاد	مُقاوِمٌ مُتَغَيِّر
جَرَس	دَايُودٌ ضَوْءِيٌّ	مُتَغَيِّرٌ (مُوَاسِع)
صَنْجَعَة	مِيكْرُوفُون	مِجْهَار
بَطَّارِيَّة	مُخَوِّل	صَهْرَة
مِقْلَاد (مِفْتَاح)	قُطْبِيَّةٌ مُوجِبَة	قُطْبِيَّةٌ سَالِبَة
خُطُوطُ الْمَجَالِ الْكَهْرَبَائِي (سَالِب)	خُطُوطُ الْمَجَالِ الْكَهْرَبَائِي (مُوجِب)	هَوَائِي
تَرَانزِسْتُور «م-س-م»	تَرَانزِسْتُور «س-م-س»	خُطُوطُ الْمَجَالِ الْمِغْنَطِيسِي
بَوَابَةٌ «و»	بَوَابَةٌ «أَوْ» (دَارَة «أَوْ»)	عَاكِسُ الطُّور (بَوَابَةٌ لَا)
سِلْكَانٍ مُوَصُولَان	سِلْكَانٍ غَيْرِ مُوَصُولَيْن	دَارَة كَهْرَبَائِيَّة مُتَكَامِلَة

## نِظَامُ التَّرْمِيزِ الثَّنَائِي

تُسْتَعْمَلُ الْحَاسِبَاتُ الْإِلِكْتَرُونِيَّةُ نِظَامَ التَّرْمِيزِ الثَّنَائِي لِلْأَعْدَادِ، بِالْأَحَادِ وَالْأَصْفَارِ فَقَط 0 وَ 1، بِخِلَافِ النِّظَامِ الْعَشْرِيِّ، الَّذِي يَحْوِي عَشْرَةَ أَرْقَامٍ، مِنْ صِفْرٍ (0) إِلَى تِسْعَةٍ (9). فِي النِّظَامِ الْعَشْرِيِّ، تُمَثِّلُ الْأَعْدَادُ الطَّوِيلَةُ (مِنْ الْيَمِينِ إِلَى الْيَسَارِ) الْآحَادَ، الْعَشْرَاتِ، الْبَيِّنَاتِ، الْأَلُوفِ، وَهَكَذَا دَوَالِيك. أَمَّا فِي النِّظَامِ الثَّنَائِي، فَتُمَثِّلُ الْأَعْدَادُ الطَّوِيلَةُ الْآحَادَ، الْاِثْنَيْنَاتِ، الْأَرْبَعَاتِ، الثَّمَانِيَّاتِ، وَهَكَذَا دَوَالِيك.

### الأَعْدَادُ الْعَشْرِيَّة

### الأَعْدَادُ الثَّنَائِيَّة

8	4	2	1	10	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	2
0	0	1	1	3	3
0	1	0	0	4	4
0	1	0	1	5	5
0	1	1	0	6	6
0	1	1	1	7	7
1	0	0	0	8	8
1	0	0	1	9	9
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	2	2
1	1	0	1	3	3
1	1	1	0	4	4
1	1	1	1	5	5



# الصوت والضوء

## الطيف الكهرمغناطيسي

الضوء الذي يُمكنُ مُشاهدته هو نمط واحد من الإشعاع الكهرمغناطيسي الذي يضم أنماط إشعاع عديدة أخرى (كما هو مبين أدناه) تنتقل أمواجها بالسرعة نفسها، لكن أطوالها الموجية مختلفة.



مُرسل راديوي

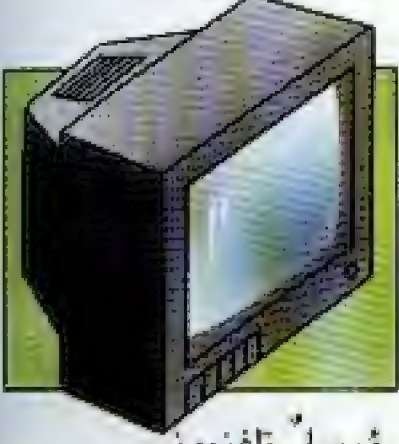
أشياء يُمكنُ كشفها



منزل

نمط الإشعاع

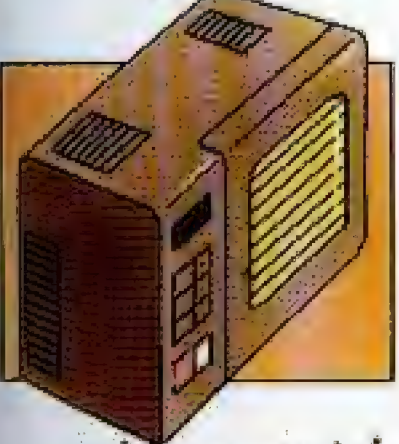
الطول الموجي (م)



مُرسل تلفزيوني



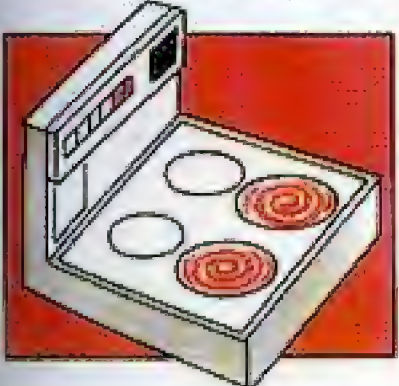
علفونة



غُرن الأمواج الصغرى



ذباب



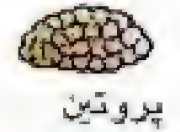
سخان بالاشعة تحت الحمراء



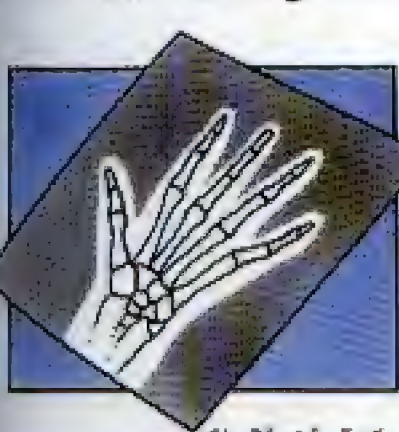
خلية



مصباح الأشعة فوق البنفسجية



بروتين



مكبة أشعة إكس



جزيء



ذرة



تفجير نووي



نواة



بروتون



نوترونات

أمواج راديوية

أمواج ضوئية

أشعة تحت الحمراء

أشعة فوق البنفسجية

أشعة سينية (أشعة إكس)

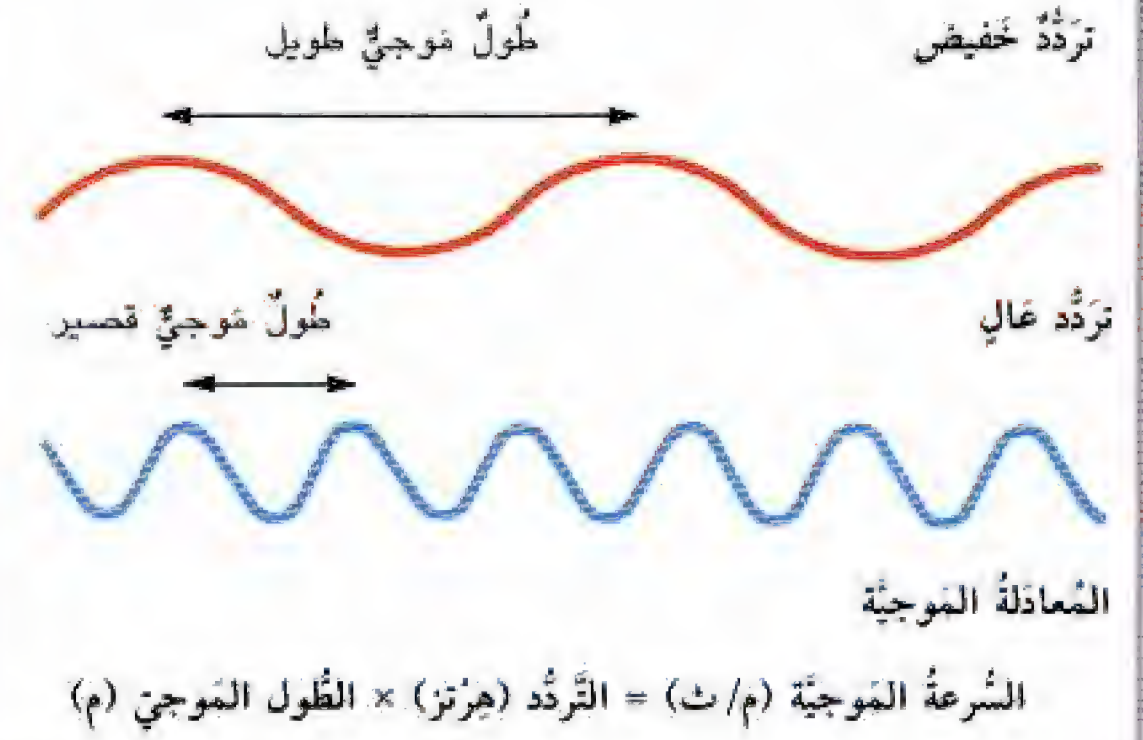
أشعة جسيمية (أشعة جاما)

أطوال موجية طويلة

أطوال موجية قصيرة

## المعادلة الموجية

سعة الموجة هي ارتفاع ذروتها (أو انخفاض بطنها) عن خط الصفر. والطول الموجي هو المسافة بين ذروتين متتاليتين، والتردد هو عدد الذبذبات (أو التموجات) في الثانية.



## التعريض الفوتوغرافي

يتم تحديد فترة التعريض بالتوفيق بين سرعة العلق وقطر الفتحة. لكن يمكن الحصول على التعريض الصحيح، في ظروف ضوئية متباينة، بتغيير الفتحة، مع بقاء سرعة العلق ثابتة على ٢٥٠/١ بفيلم ٢٠٠ آزا (وحدة الجمعية الأمريكية للمقاييس).





## مُعَامِلُ الانكِسَارِ

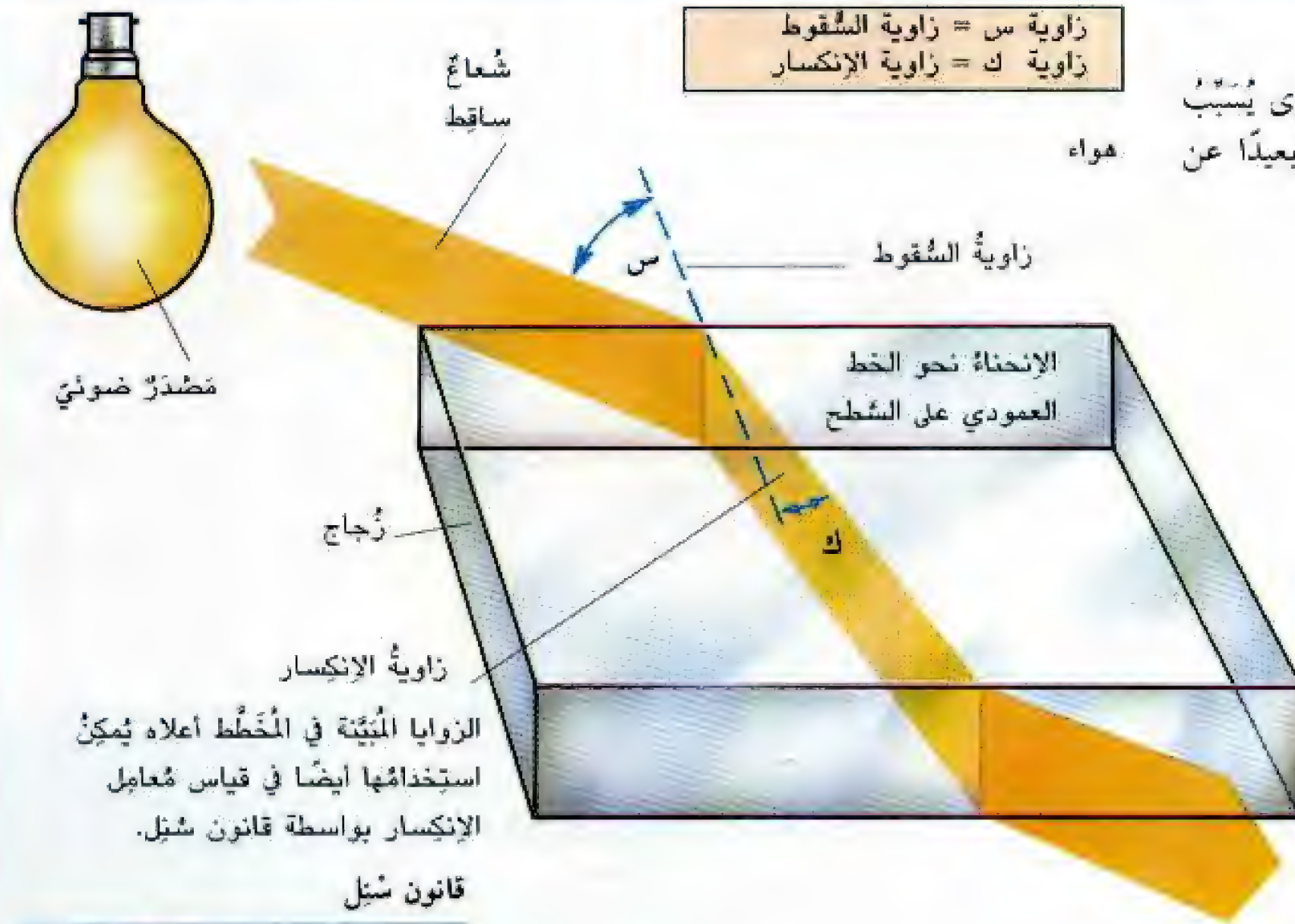
إنَّ تَغْيِيرَ سُرْعَةِ الضَّوِّءِ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مَائِلًا مِنْ مَادَّةٍ شَفَّافَةٍ إِلَى أُخْرَى يُسَبِّبُ تَغْيِيرًا فِي اتِّجَاهِهِ. وَكُلَّمَا زَادَ هَذَا التَّغْيِيرُ زَادَ انْحِنَاءُ الضَّوِّءِ بَعِيدًا عَنْ اتِّجَاهِهِ الْأَصْلِيِّ.

مُعَامِلُ (أو دَلِيلُ) الانكِسَارِ هُوَ النِّسْبَةُ بَيْنَ سُرْعَةِ الضَّوِّءِ فِي الْفَرَاغِ وَسُرْعَتِهِ فِي مَادَّةٍ شَفَّافَةٍ أُخْرَى.

$$\text{مُعَامِلُ الانكِسَارِ} = \frac{\text{سُرْعَةُ الضَّوِّءِ فِي الْفَرَاغِ}}{\text{سُرْعَةُ الضَّوِّءِ فِي تِلْكَ الْمَادَّةِ}}$$

مُعَامِلُ انكِسَارِ الْمَاءِ (١,٣٣) هُوَ أَقَلُّ مِنْ مُعَامِلِ انكِسَارِ الرُّجَاجِ (١,٥). وَهَذَا يَعْنِي أَنَّ الضَّوِّءَ يُبْطِئُ أَكْثَرَ، وَبِالتَّالِي يَكُونُ انْحِنَاؤُهُ أَكْثَرَ، عِنْدَ مُرُورِهِ فِي الرُّجَاجِ مِنْهُ عِنْدَ مُرُورِهِ فِي الْمَاءِ.

المادة	مُعَامِلُ الانكِسَارِ	سُرْعَةُ الضَّوِّءِ (م/ث)
الهواء	١,٠	٣٠٠.٠٠٠.٠٠٠
الماء	١,٣٣	٢٢٥.٠٠٠.٠٠٠
البرشيكس	١,٥	٢٠٠.٠٠٠.٠٠٠
الرُّجَاج	١,٥	٢٠٠.٠٠٠.٠٠٠
الاملاس	٢,٤	١٢٠.٠٠٠.٠٠٠



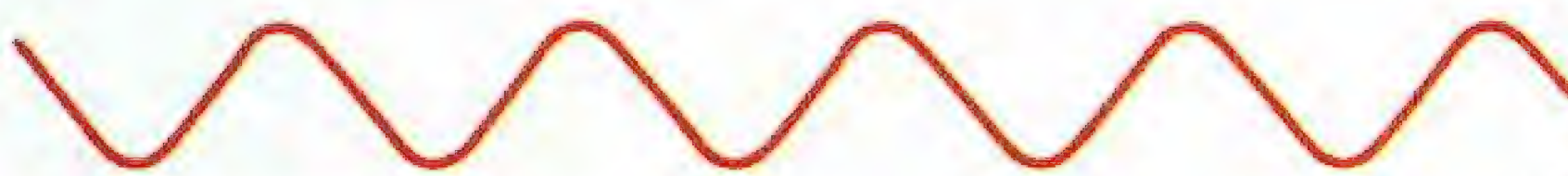
$$\text{مُعَامِلُ الانكِسَارِ} = \frac{\text{جَا س}}{\text{جَا ك}}$$

جَا = جيب الزاوية

## مَدَى التَّرْدُّدِ لِآلَاتِ مُوسِيقِيَّةٍ

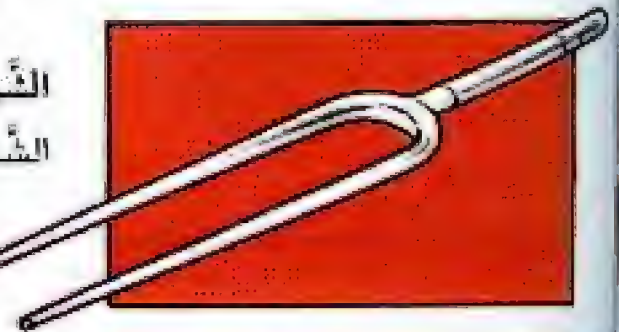
وَتَبَايُنُ أَنْمَاطِ التَّغْيِيرَاتِ الضَّغْطِيَّةِ لِكُلِّ آلَةٍ تَبَعًا لِنَوْعِيَّتِهَا وَخَصَائِصِهَا الطَّبِيعِيَّةِ. وَتُمَثِّلُ هَذِهِ الْأَنْمَاطُ بِخُطُوطٍ مُنْحَنِيَّةٍ أَوْ مُسَرَّشَةٍ (كَالْمُيَبَّيَّنَةِ أَدْنَاهُ) تُدْعَى أَشْكَالًا مَوْجِيَّةً.

تُصْدِرُ كُلُّ الْآلَاتِ صَوْتًا يَجْعَلُ شَيْءً يَنْبَذُ أَوْ يَهْتَزُّ فِيهَا. هَذِهِ الْاهْتِرَازَاتُ تَبْعِيثُ، فِي الْهَوَاءِ، الْأَمْوَاجَ الصَّوْتِيَّةَ الَّتِي تَنْتَقِلُ إِلَى أَذَانِنَا مُحْدِثَةً تَغْيِيرَاتٍ سَرِيعَةً فِي ضَغْطِ الْهَوَاءِ مُتَسَاوِقَةً مَعَ دَبْذَبَةِ الْآلَةِ.



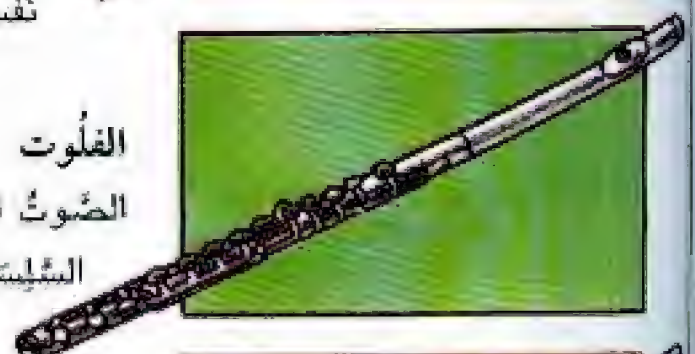
### الشَّوْكَةُ الرِّثَانَةُ

الشَّوْكَةُ الرِّثَانَةُ تُصْدِرُ نَغْمَةً نَقِيَّةً أَحَادِيَّةَ التَّرْدُّدِ؛ فِيمَا تُصْدِرُ الْآلَاتُ الْأُخْرَى، غَالِبًا، عِدَّةَ تَرْدُّدَاتٍ فِي الْوَقْتِ نَفْسِهِ مُؤَلَّفَةً شَكْلًا مُوجِيًّا مُعَقَّدًا.



### الْفُلُوتُ

الصَّوْتُ السَّالِسُ النَّقِيُّ لِلْفُلُوتِ يَبِينُ بِالْإِنْعِطَافَاتِ السَّالِسَةِ النَّقْوُسِ فِي شَكْلِهَا الْمَوْجِي الْمُنْتَظِمِ.



### الْمِرْمَارُ

الْأَصْوَاتُ الْغَنِيَّةُ الصَّادِرَةُ عَنِ الْآلَاتِ ذَاتِ الْأَلْسِنَةِ، كَالْمِرْمَارِ، تُضْمُّ تَرْدُّدَاتٍ عَدِيدَةً أَكْثَرَ بِكَثِيرٍ مِنَ الْأَصْوَاتِ الصَّافِيَةِ الصَّادِرَةِ عَنِ الْفُلُوتِ.



### الْكَلَارِينَتُ

اللسانُ الأحاديُّ فِي الْكَلَارِينَتِ يُصْدِرُ نَغْمًا خَمِيمًا سَلِسًا.



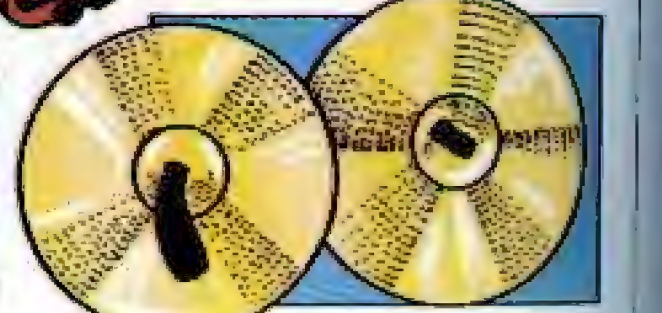
### الْكَمَّانُ

صَوْتُ الْكَمَّانِ الْبَهِيحِ الْمُسْبِغِ يَضُمُّ عِدَّةَ تَوَافِقَاتٍ عَالِيَةِ التَّرْدُّدِ تُؤَلَّفُ شَكْلًا مُوجِيًّا حَادًّا مُسَرَّشَةً.



### الصَّنَجُ

الصَّوْتُ الصَّدْمِيُّ لِلصَّنَجِ يُمَازِلُ نَمَطًا مُوجِيًّا مُسَرَّشًا غَيْرَ مُنْتَظِمٍ، يَعلو وَيَهبطُ بِشَكْلِ عَشَوَاتِيٍّ تَقْرِيبًا.





# الأرض

## جدول الأزمنة الجيولوجية

هذا الجدول يوجز تاريخ الأرض الذي يُحتسب بدراسة العصور التي تكوّنت فيها طبقات الصخور الرسوبية المتنوعة.



## خطوط الطول والعرض

يقع خط الاستواء على خط العرض صفر°. ويمر خط الطول الصفري بمدينة غرينتش قرب لندن، بإنجلترا. وتحتسب مواقع الأمكنة بدرجات العرض والطول؛ وتقسّم كل درجة إلى ٦٠ دقيقة.

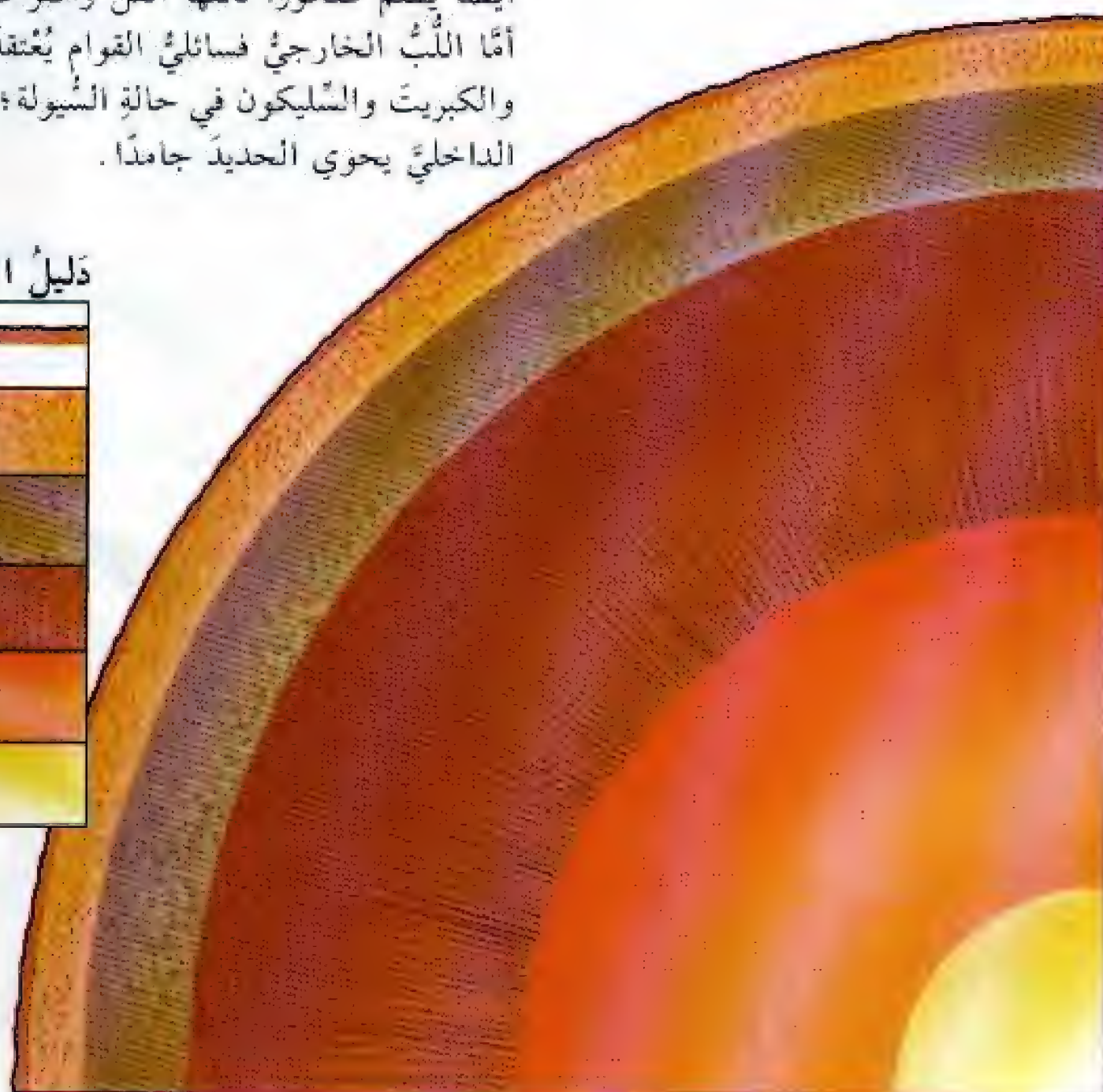


## بنية الأرض

تشمل بنية الأرض أربع طبقات. الطبقة الخارجية، أو القشرة، تتألف من أنماط صخرية مختلفة كالبازلت والغرانيت. والدثار أيضًا يضم صخورًا لكنها أثقل وأكثر قتامة من صخور القشرة. أما اللب الخارجي فسائل القوام يُعتقد أنه يحوي الحديد والكبريت والسليكون في حالة السيولة؛ في حين يرجح أن اللب الداخلي يحوي الحديد جامدًا.

## دليل الألوان

القشرة	
الدثار العلوي	
منطقة تحول	
الدثار	
اللب الخارجي	
اللب	



العمق (كم)	الضغط (ك بار)	الكثافة (كغ / م³)	درجة الحرارة (س°)
٠	١	٢٨٠٠	١٧٥٠
١٠	٣٢٥	٤٥٠٠	٢٠٠٠
٢٩٠٠	١٣٢٥	١٢٠٠٠	٣٠٠٠
٥١٠٠	٣٣٠٠	١٢١٠٠	٣٦٠٠
٦٣٠٠	٣٧٥٠	١٢١٠٠	٤٠٠٠



مِقْيَاسُ «مَوْهَز» لِلصَّلَاةِ

يُتَكَرَّرُ عَالِمُ الْمَعَادِنِ الْأَلْمَانِيَّ، فَرِيدْرِخْ مُوهَزْ، جَدُولًا مِيعَارِيًّا لِقِيَاسِ الصَّلَادَةِ  
بِالْمُقَارَنَةِ مَعَ صَلَادَةِ عَشْرَةِ مَعَادِنٍ مُخْتَارَةٍ. تَزْدَادُ صَلَادَةُ الْمَعَادِنِ بَارِزِيَادٍ رَقْمَ صَلَادَتِهِ  
- أَيُّ إِنَّ كُلَّ مَعَادِنٍ يَخْدُشُ الْمَعَادِنَ ذَاتِ الْأَرْقَامِ الْأَقْلَى مِنْ رَقْمِ صَلَادَتِهِ.



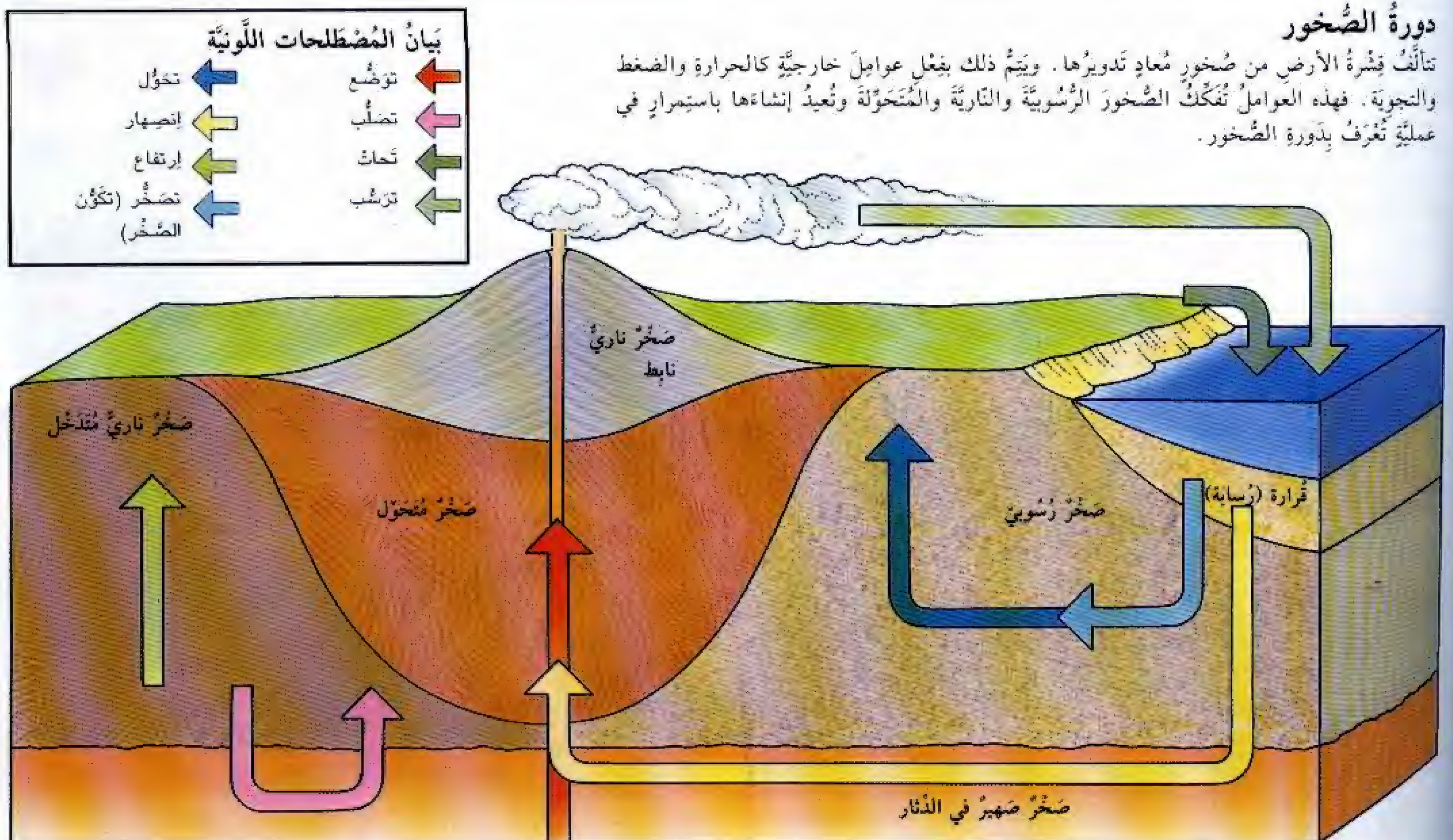
## الصُّخُورُ الشَّائِعَةُ

الصُّخُورُ التي تُولَّفُ الأرضُ إمَّا ناريَّةٌ (بُرْكَانيَّةٌ) أو رُسُوبِيَّةٌ أو مُتَحَوِّلَةٌ. تَشْتَأُ الصُّخُورُ النَّاريَّةُ من تَصَلُّبِ الصُّهارةِ (الصَّخْرِ المُنْصَهَرِ). وَتَشَكُّلُ الصُّخُورِ الرُّسُوبِيَّةِ من كَسارةِ الصَّخْرِ والرَّمْلِ والغَرِيزِ المُلْتَحِمَةِ بِضَغْطِ الطَّبَقَاتِ فَوْقَها. وَتَكُونُ الصُّخُورُ المُتَحَوِّلَةُ بِتَغْيِيرِ المُحتَوَى المَعْدِنِيِّ لِلصَّخْرِ بِتَأْثِيرِ الحَرارةِ والضغطِ. وَفي ما يَلِي عَشْرَةُ أمْثَلَةٍ شائِعَةٍ من كُلِّ نوعٍ:

نَارِي	رُسُوِي	مُتَحَوِّل
عُرَانِيَت	حَجَرُ جِرِي	أَرْدَوَار
أَسَوَانِي	دُولُومِيَت	فِيْلَلِيَت
چَابَرُو	حَجَرُ رَمَلِي	شِسْت
دُولِرِيَت	كُونُجْلُومِرَات (رَصِيص)	نَائِس
بَارَلَت	بَرَشِيَا (بَرِيشَة)	هُورَنفَلَس (صَخُورُ قَرْنِيَة)
أَنْدِيَزِيَت	رُسَابَةُ الْبَحْرِ (إِقَابُورِيَت)	رُخَام
سَبْجِي (أَبْسِيْدِي)	حَجَرُ غَزِيْنِي	كُوَارُتَرِيَت (مَرْوِيَت)
دِيُورِيَت	حَجَرُ طَلِيْنِي	مِيْجَمَانِيَت
مَسْخَرُ پُورَغِيْرِي (سَخَاْفِي)	طَفَل (طَبِيْ صَفْحِي مُتَخَجِر)	أَمَقِيْبُولِيَت (الْحَائِرَات)
رَبُولِيَت	صَلْصَال	تَاكْتِيَت

دورة الصُّخُور

تتألف قشرة الأرض من صخورٍ مُعاد تدويرها. ويتم ذلك بفعل عواملٍ خارجية كالحرارة والضغط والتجوية. فهذه العوامل تُفكك الصخور الرسوبية والتاوية والمتحولة وتعيدُ إنشاءها باستمرارٍ في عملية تُعرف بدورة الصخور.





# الطقس

## مُنظمة الأرصاد العالمية

تتألف مُنظمة الأرصاد العالمية من شبكة تضم قرابة ١٠,٠٠٠ محطة أرصاد جوية دائمة في سائر أنحاء العالم. وتتوالى التقارير من هذه المحطات تلفونيًا كل ثلاث ساعات (تُدعى ساعات الرصد الآني) إلى ثلاثة عشر مركزًا رئيسيًا لرصد الطقس تظهر على خريطة العالم المبيّنة جانبًا. وتقوم هذه المراكز بتحويل المعلومات التي تصلها عن الطقس باستمرار إلى جميع بلدان العالم لتُعدّ نشراتها وتنبؤاتها الجوية.

## أحوال جوية قصوى

يُبين الجدول التالي الأحوال الجوية القصوى المسجلة حول العالم. الظروف القصوى هي في بعض الأماكن جزء من النمط المعتاد في تلك الأصقاع. وفي أماكن أخرى تقطع ظروف، كالفيضانات أو الجفاف، النمط المعتاد.

### تساقط الثلج الأعظم

(في ١٢ شهرًا) ٣١١٠٢ ملم، من ١٩٧١/٢/١٩ إلى ١٩٧٢/٢/١٨؛ وذلك في بَرَدَيْس، جبل رينير في ولاية واشنطن، بالولايات المتحدة.

### تهطلال المطر الأعظم

(في ٢٤ ساعة) ١٨٧٠ ملم، من ٣/١٥ إلى ٣/١٦، في سيلوس، رينتون، بالمحيط الهندي.

### فترة الجفاف القصوى

(معدل المطر السنوي) صفر في صحراء أنكاما، قرب كالاما، بالشيلي. استمرّ الجفاف ٤٠٠ سنة حتى عام ١٩٧٢.

### أعلى سرعة رياح سطحية

٣٧١ كم/س، على جبل واشنطن (ارتفاعها ١٩١٦ م) في ثيوهاششير، بالولايات المتحدة بتاريخ ١٢/٤/١٩٣٤.

### شعّ الشمس الأقصى

٩٧٪ (لاكثر من ٤٣٠٠ ساعة) في الصحراء الشرقية.

### شعّ الشمس الأدنى

صفر، في القطب الشمالي، حيث يستمرّ فصل الشتاء ١٨٢ يومًا.

### أعلى درجة حرارة في الظل

٥٨°س، في الغريزيّة (ارتفاعها ١١١ م)، ليبيا في ١٣/٩/١٩٢٢.

### المكان الأشد حرارة

(المعدل السنوي) ٣٤.٤°س في تلّول، الخبشة.

### المكان الأكثر برودة

(المعدل المقيس الأبرد) - ٨٩°س في محطة بِلَانْ، في القارة القطبية الجنوبية.

### الأيام الممطرة الأكثر

(في السنة) حتى ٣٥٠ يومًا في السنة، في جبل واي إيلالي (ارتفاعه ١٥٦٩ م) في كاواناي، هاواي.

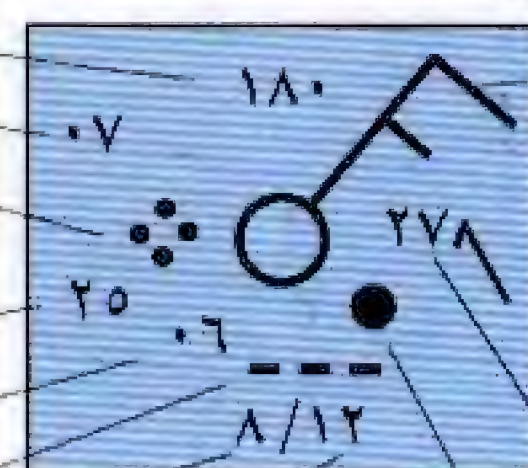
### المكان الأعصف رياحا

تبلغ سرعة العواصف ٣٢٠ كم/س، في خليج الكوشنولت، ساجل جورج الخامس، القارة القطبية الجنوبية.

## قراءة خرائط الطقس

أشبهُ الرياح تشير إلى اتجاه هبوب الرياح، رِيحٌ شمالية شرقية مُعتدلة. الريشات على الأسهم تُبين سرعة الرياح بحيث إنّ كل نصف علامة يساوي ٩.٥ كم/س وكل علامة كاملة تساوي ١٩ كم/س. هبط الضغط ٢.٧ مليبار في الـ ٣ ساعات الأخيرة

ضغط الهواء: ١٠١٨ و١٠١٩ مليبار  
درجة الحرارة: ٧°س  
الطقس حاليًا:  
أمطار غزيرة مُستمرة  
مدى الرؤية: ٢.٥ كم  
نقطة الندى: ٦°س  
سحاب طبقى  
الغطاء الغيمّي تام  
مطر في الساعة الماضية  
قاعدة الغيم: ٤٠٠ م



## رُموز خرائط الطقس

يستخدم الأرصاديون قائمة من الرُموز لبيان الطقس وسرعة الرياح. والرُموز المُبيّنة أدناه مُعتمدة عالميًا. فتمتدّ رُسُمتُ على خرائط الطقس فإنها تُوفّر معلومات أساسية تُستخدم في إعداد نشرات وتنبؤات الأحوال الجوية. ويستخدم مذيعو نشرات الأحوال الجوية التلفزيونية نسخًا مُبسّطة من هذه الرُموز.

شائيرة (ضباب خفيف)	ضباب	رَدَاذ
مطر	مطر ورَدَاذ	مطر وثلج
ثلج	وَابِلْ مطر	مطر ووابِلْ ثلج
وَابِلْ ثلج	وَابِلْ بَرَد	عاصفة رعدية
جبهة باردة	جبهة دافئة	جبهة مُرتبة
رياح من الخفيفة إلى العاصفة	رياح هادئة	نوء (إعصار)



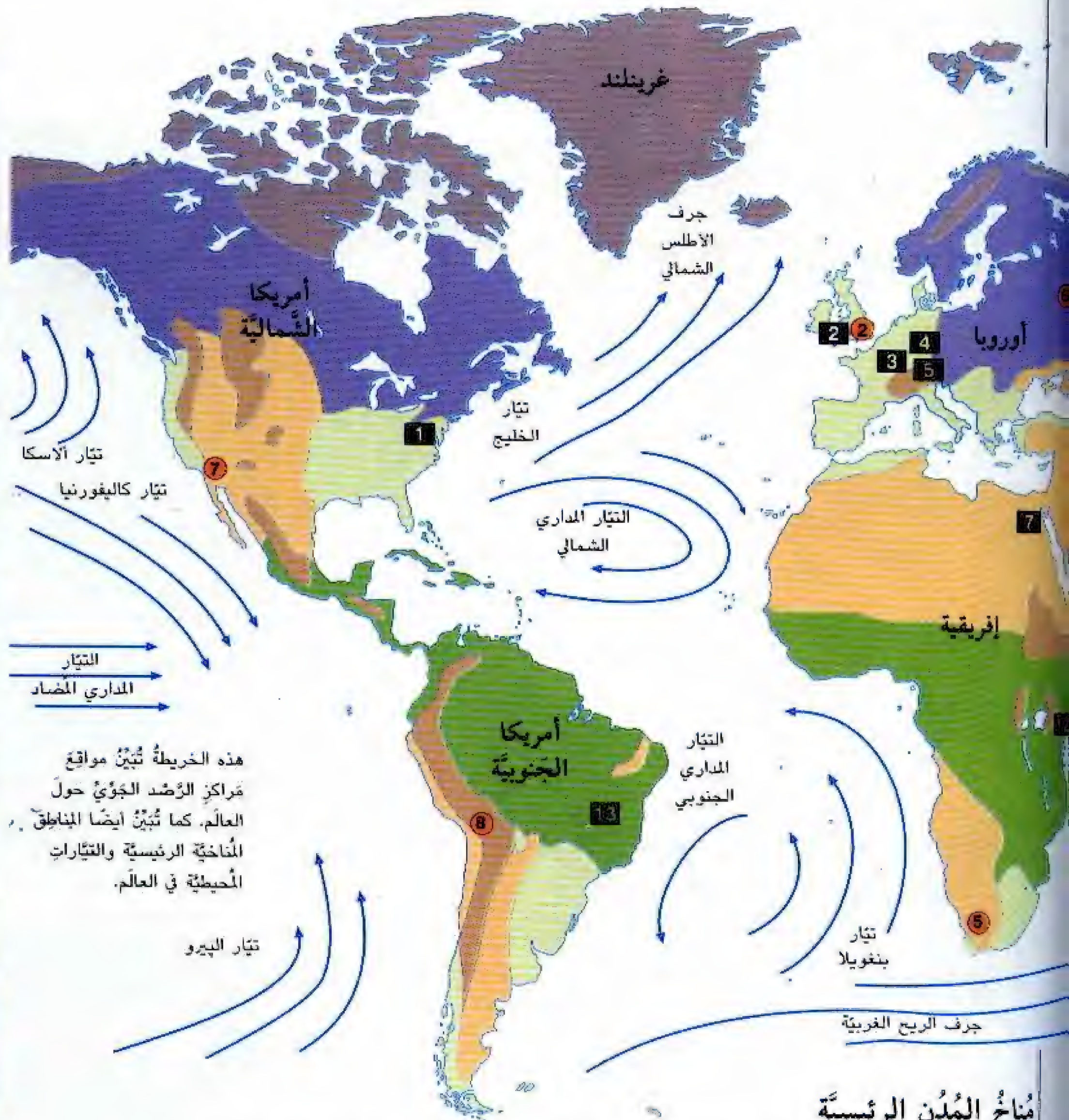
## مَرَاكِزُ رَصْدِ الطَّقْسِ

مَوَاقِعُ الثَّلَاثَةِ عَشَرَ مَرَكَزًا لِرَصْدِ  
الطَّقْسِ مُبَيَّنَةٌ عَلَى خَرِيطَةِ الْعَالَمِ؛  
وَهَذِهِ الْمَوَاقِعُ هِيَ:

- ١ واشنطن العاصمة، الولايات المتحدة
- ٢ براكنيل، المملكة المتحدة
- ٣ باريس، فرنسا
- ٤ أوفنباخ، ألمانيا
- ٥ بُّراغ، تشيكوسلوفاكيا
- ٦ موسكو، روسيا
- ٧ القاهرة، مصر
- ٨ نيودلهي، الهند
- ٩ بيجين، الصين
- ١٠ طوكيو، اليابان
- ١١ ملبورن، أستراليا
- ١٢ نيروبي، كينيا
- ١٣ برازيليا، البرازيل

- قُطْبِي  
تَنْدُرَا  
مُعْتَدِل  
صَحْرَاوِي  
قَدَارِي  
جَبَلِي

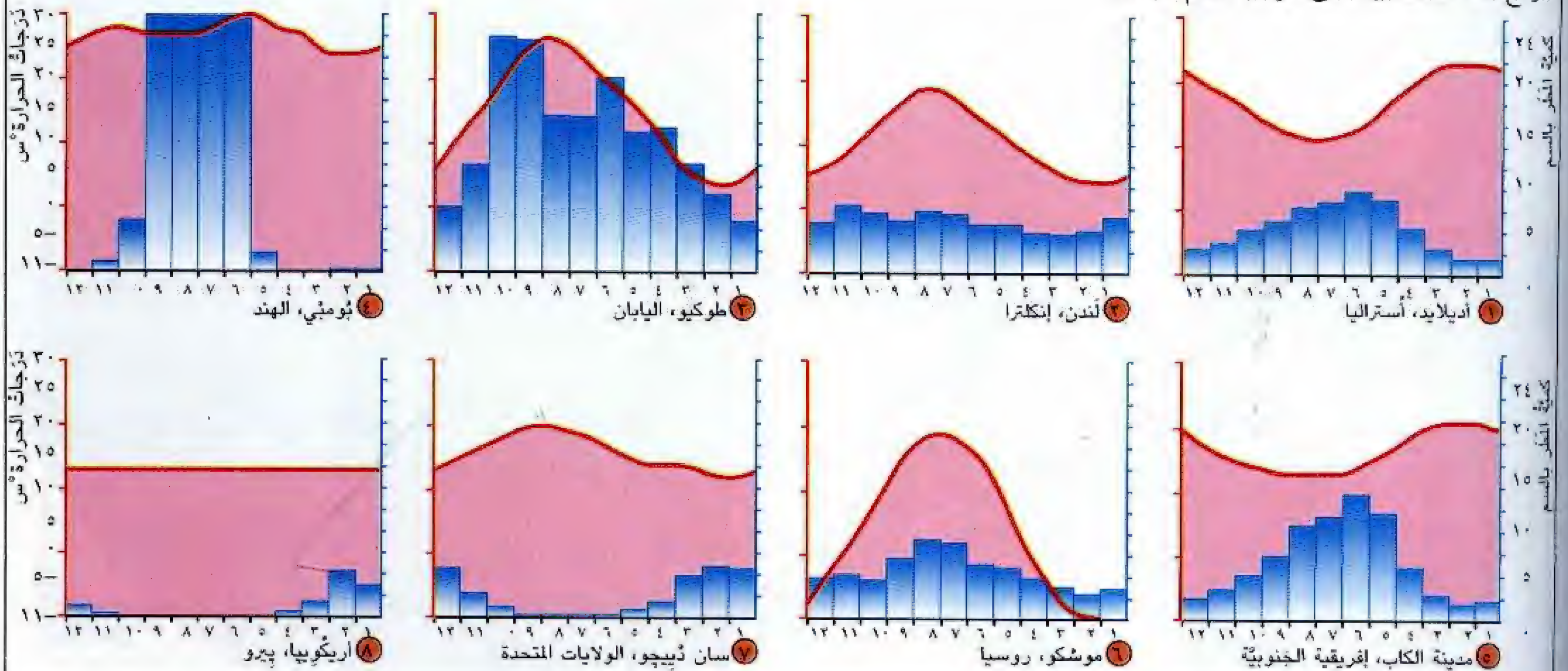
تِيَارَاتُ مَحِيطِيَّة



هذه الخريطة تُبَيِّنُ مَوَاقِعَ  
مَرَاكِزِ الرُّصْدِ الجَوِّيِّ حَوْلَ  
العَالَمِ. كَمَا تُبَيِّنُ أَيْضًا الْمَنَاطِقَ  
الْمَنَاحِيَّةَ الرَّئِيسِيَّةَ وَالتَّيَارَاتِ  
الْمَحِيطِيَّةَ فِي الْعَالَمِ.

## مَنَاحُ الْمُدُنِ الرَّئِيسِيَّةِ

الرُّسُومُ الْبَيَانِيَّةُ أَدْنَاهُ تُبَيِّنُ الْمُعْدَلَاتِ الْإِحْصَائِيَّةَ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ وَكَمِّيَّاتِ الْمَطَرِ لِمُدُنٍ مُخْتَلِفَةٍ حَوْلَ الْعَالَمِ  
(مَوَاقِعُ هَذِهِ الْمُدُنِ مُبَيَّنَةٌ عَلَى خَرِيطَةِ الْعَالَمِ أَعْلَاهُ).





## الفضاء

### المع النجوم

يُقاس لمعان النجم بالقدر المُحدّد له . وكلّما انخفض القدر كان النجم ألمع ، بحيث إنّ لمعان نجم من قدر مُعيّن يزيدُ مرّتين ونصفاً على لمعان نجم من القدر الذي يليه كما يبدو من الأرض . أمّا القدر المُطلق فهو كمية الضوء التي يبعثها النجم فعلياً .

الاسم	القدر الظاهري	القدر المطلق	البعد عن الشمس (بالسنين الضوئية)
الشعرى اليمانية	- ١,٤٦	+ ١,٤	٨,٦٥
شهيل	- ٠,٧٣	- ٤,٦	١٢٠٠
خضار	- ٠,١	+ ٤,١	٤,٣٨
السماك الرامح	- ٠,٠٦	- ٠,٣	٣٦
النّثر الواقع	+ ٠,٠٤	+ ٠,٥	٢٦
العنقود	+ ٠,٠٨	- ٠,٥	٤٢
رجل الجبار	+ ٠,١٠	- ٧,٠	٩٠٠
الشعرى الشامية	+ ٠,٣٥	+ ٢,٦	١١,٤
مكبّ (أو إبط) الجوزاء	+ ٠,٤٩	- ٥,٧ (متغير)	٣١٠
أخر النهر	+ ٠,٥١	- ٢,٥	١١٧
الورن	+ ٠,٦٣	- ٤,٦	٤٩٠
النّثر الطائر (الطير)	+ ٠,٧٧	+ ٢,٣	١٦
الدبران (عين الثور)	+ ٠,٨٥	- ٠,٧	٦٩
نيرّ نعيم (الصليب الجنوبي)	+ ٠,٩٠	- ٣,٧	٣٧٠
قلب العقرب	+ ٠,٩٢	- ٤,٥	٤٣٠
السماك الأعزل (السنبلة)	+ ٠,٩٦	- ٣,٦	٢٦٠
رأس الثور المُوخّر	+ ١,١٥	+ ١,٠	٣٥
فم الحوت	+ ١,١٦	+ ١,٩	٢٣
ذئب الأسد (الذئب)	+ ١,٢٥	- ٧,١	١٨٠٠
نيرّ نعيم الثاني	+ ١,٢٥	- ٥,١	٤٨٩
قلب الأسد	+ ١,٣٥	- ٠,٧	٨٥
الغذازي	+ ١,٥٠	- ٤,٤	٦٨١

### الشمس

الشمس أسطح النجوم في سماننا بلا منازع بسبب قربها من الأرض . وحيث إنّ ضوء الشمس يستغرق ٨,٣ دقائق ليصل إلينا ، فإنّ الشمس التي نراها هي الشمس قبل ٨,٣ دقائق .

كتلة الشمس  $1,99 \times 10^{30}$  غ  
درجة حرارتها السطحية  $6000^\circ$  س  
درجة حرارة لبها  $14,000,000^\circ$  س  
قطرها  $1392,000$  كم



### أعظم الرّجُم

الاسم	البلد	الوزن التقريبي بالطن
هونا وشت	جنوب غرب إفريقيا	٦٠
خيمة الأبنيقيتو	جرينلند	٣٠,٤
باكتوبريتو	المكسيك	٢٧
أفبوسي	تنزانيا	٢٦
أجبالك	غرب جرينلند	٢٠,١
أرفنتي	جمهورية منغوليا الشعبية	٢٠
تشويادروس	المكسيك	١٤
ويلاميت	الولايات المتحدة	١٤
كاميو بل سيبلو	الأرجنتين	١٣
مندرايلا	أستراليا	١٢

### الكواكب السّيارة

وأورانوس ونبتون . أمّا بلوتو فهو الكوكب التاسع الشّاذّ ، إذ إنّهُ أصغر الكواكب السّيارة ويتألّف من صخرٍ وجليد .

هنالك تسع سيارات في النظام الشمسي تقع في مجموعتين تقريباً . المجموعة الأقرب إلى الشمس هي الكواكب الصخرية الأربعة - عطارد والزهرة والأرض والمريخ . وتضمّ المجموعة الأبعد العملاقة الغازية وهي المشتري وزحل

الكوكب	عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ	المشتري	زحل	أورانوس	نبتون	بلوتو
البعد عن الشمس بملايين الكيلومترات	٥٧,٩	١٠٨,٢	١٤٩,٦	٢٢٧,٩	٧٧٨,٣	١٤٢٧	٢٨٧٠	٤٤٩٧	٥٩١٣
القطر الاستوائي (بالكيلومتر)	٤٨٧٩	١٢١٠٤	١٢٧٥٦	٦٧٨٦	١٤٢٩٨٤	١٢٠٥٣٦	٥١١١٨	٤٩٥٤٨	٢٢٨٤
الكثّنة (الأرض = ١)	٠,٠٥٦	٠,٨٢	١	٠,١٠٧	٣١٨	٩٥	١٤,٥	١٧	٠,٠٠٢
الحجم (الأرض = ١)	٠,٠٥٦	٠,٨٦	١	٠,١٥	١٣١٩	٧٤٤	٦٧	٥٧	٠,٠١
درجة حرارة السطح (°س)	١٨٠ -	٤٨٠ +	٧٠ -	١٢٠ -	١٥٠ -	١٨٠ -	٢١٤ -	٢٣٠ -	٢٣٠ -
جاذبية السطح (الأرض = ١)	٠,٣٨	٠,٩	١	٠,٣٨	٢,٦٤	٠,٩٢٥	٠,٧٩	١,١٢	٠,٠٥
زمن الدوران حول الشمس (سنة الكوكب)	٨٧,٩٧ يوماً	٢٢٤,٧ يوماً	٣٦٥,٢٦ يوماً	٦٨٦,٩٨ يوماً	١١,٨٦ سنة	٢٩,٤٦ سنة	٨٤,٠١ سنة	١٦٤,٨ سنة	٢٤٨,٥ سنة
زمن التدوير الكاملة (يوم الكوكب)	٥٨,٦٥ يوماً	٢٤٣,٠١ يوماً	٢٣,٩٣٦ يوماً	٢٤,٦٢٣ يوماً	٩,٥٥٥ ر ٣٠	١٠,٣٩٦ ر ١٠	١٧,١٤٦ ر ١٦	١٦,١٦٧ ر ١٧	٦ أيام ٩ س
السرعة المدارية (كم/ث)	٤٧,٩	٣٥	٢٩,٨	٢٤,١	١٣,١	٩,٦	٦,٨	٥,٤	٤,٧
عدد الأقمار	-	-	١	٢	١٦	١٨	١٥	٨	١

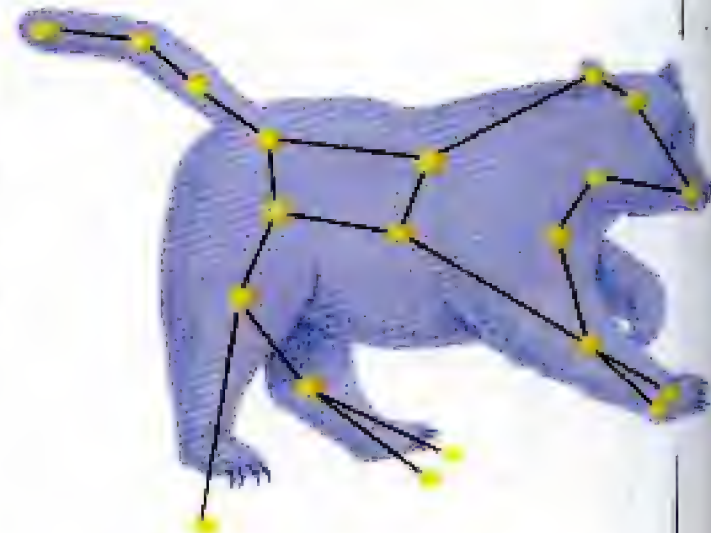


## الْكُوكَبَات

سَمَاءُ الْأَرْضِ مَرَصَّعَةٌ بِحَوَالِي ٦٠٠٠ نَجْمٍ يُمكنُ رُؤْيُهَا بِالْعَيْنِ الْمُجَرَّدَةِ. وَالنَّجُومُ الَّتِي تَرَاهَا تَعْتَمِدُ عَلَى مَوْقِعِكَ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ وَعَلَى ذَلِكَ الْوَقْتِ مِنَ السَّنَةِ. وَتَبِينُ الْخَرِيطَتَانِ الْمُرَفَّقَتَانِ النَّجُومَ الَّتِي يُمكنُ رُؤْيُهَا مِنْ نِصْفِي الْكُرَةِ الشَّمَالِي وَالْجَنُوبِي. وَنَتِيجَةُ لَتَدْوِيمِ الْأَرْضِ تَبْدُو النَّجُومُ كَأَنَّهَا تَتَحَرَّكُ عَبْرَ السَّمَاءِ، لِذَا يَنْبَغِي تَدْوِيرُ هَذِهِ الْخَرِاطِطِ أَيْضًا. فَالنَّجُومُ الْوَاقِعَةُ فِي وَسْطِ الْخَرِيطَتَيْنِ، تَظَلُّ تُرَى عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ، أَمَّا تِلْكَ الْوَاقِعَةُ عَلَى الْحَوَافِّ فَتُرَى فَقَطْ فِي أَوْقَاتٍ مُعَيَّنَةٍ مِنَ السَّنَةِ.

### الدَّبَّ الْأَكْبَرُ

تَقُولُ أُسْطُورَةٌ يُونَانِيَّةٌ إِنَّهَا امْرَأَةٌ جَمِيلَةٌ حَوَّلَتْهَا إِلَاهَةٌ غَيُورٌ إِلَى دَبٍّ.



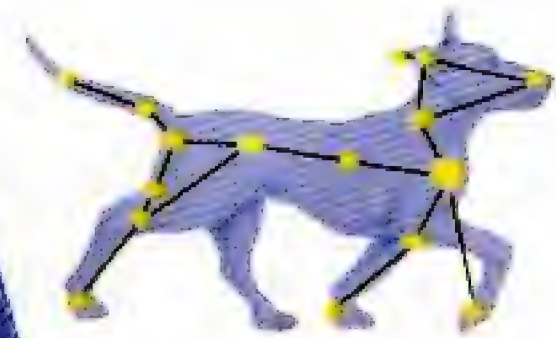
### الْفَرَسُ الْأَعْظَمُ

تَشْجُدُ هَذِهِ الْكُوكَبَةُ شَكْلَ حِصَانٍ مُجَنَّبٍ. وَفِي الْأَسَاطِيرِ الْيُونَانِيَّةِ، أَنَّهَا حِصَانٌ قَفَرَ مِنْ دِمَاءِ هُولَةُ تُدْعَى بِدُورَا، بَعْدَ أَنْ قَتَلَهَا فِرْسَاوَسُ.



### الْكَلْبُ الْأَكْبَرُ

هَذِهِ الْكُوكَبَةُ تُمَثِّلُ أَحَدَ الْكَلْبَيْنِ الْمُبْلِقَيْنِ فَكُوكُهُمَا عَلَى عَقَبَيْ الْجَبَّارِ. وَالشَّعْرَى الْيَمَانِيَّةُ، أَلَمُ نَجْمٍ فِي السَّمَاءِ، هِيَ إِحْدَى النَّجُومِ الَّتِي تَوَلَّفُ هَذِهِ الْكُوكَبَةُ.



### فَنُطُورُس

تُبَيِّنُ الْكُوكَبَةُ الْكَائِنَ الْأُسْطُورِيَّ فَنُطُورُسَ الَّذِي يُحَشِّقُ الْأَعْلَى إِنْسَانًا وَالْأَسْفَلَ حِصَانًا. وَهِيَ تُحْشِمُ الظُّلُمَانَ الْقَرِيبَ، أَقْرَبَ نَجْمٍ إِلَى الْأَرْضِ (عِدَا الشَّمْسِ).

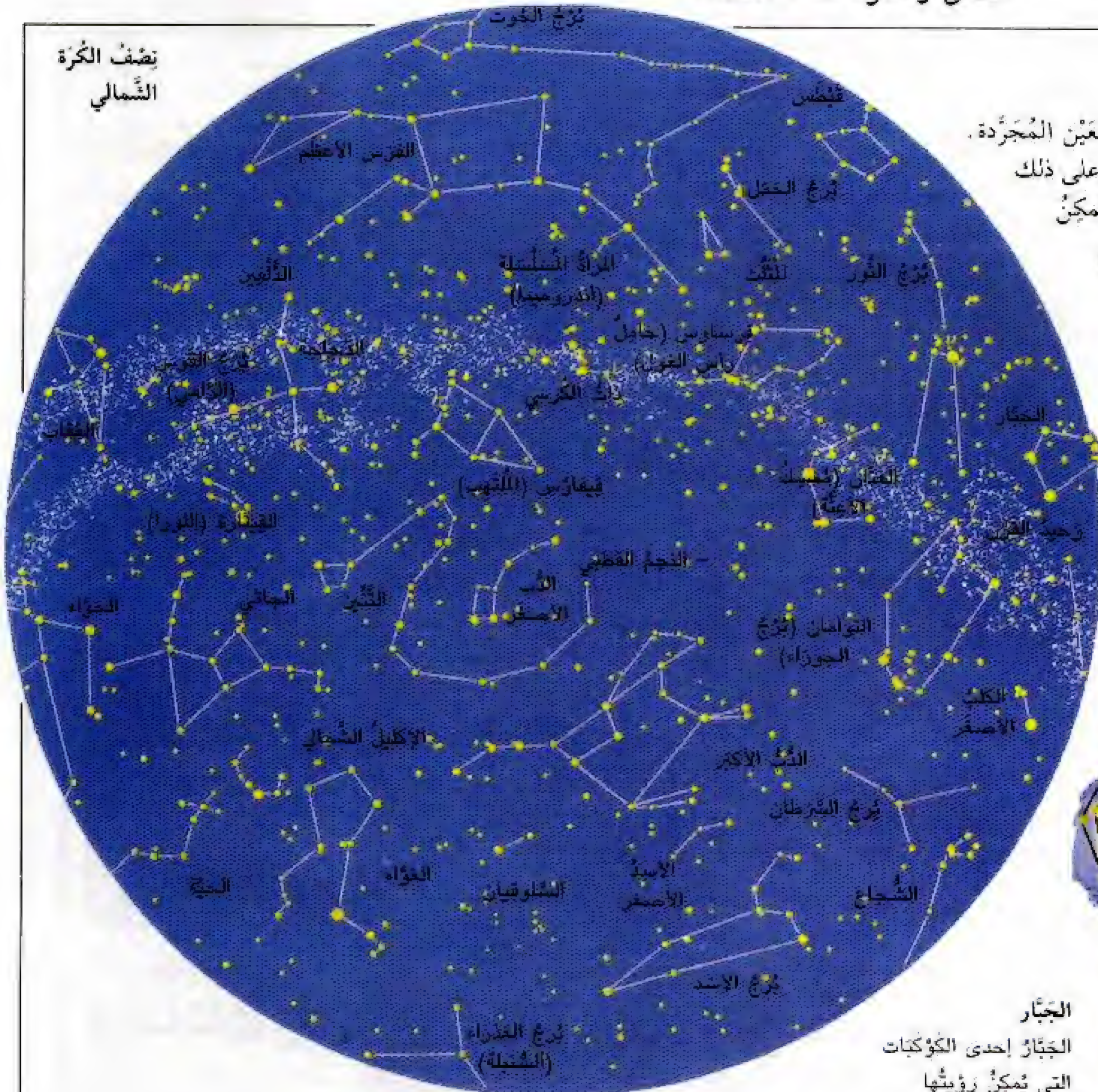


### بُرْجُ الْعَقْرَبِ

فِي الْأَسَاطِيرِ الْيُونَانِيَّةِ أَنَّ الْعَقْرَبَ أُرْسِلَ لِيَقْتُلَ الْجَبَّارَ. وَالْكُوكَبَتَانِ تَقْعَانِ الْآنَ فِي طَرَفَيْنِ مُتَقَابِلَيْنِ مِنَ السَّمَاءِ، فَعِنْدَمَا يَغْبِثُ الْجَبَّارُ يَظَلُّ الْعَقْرَبُ.



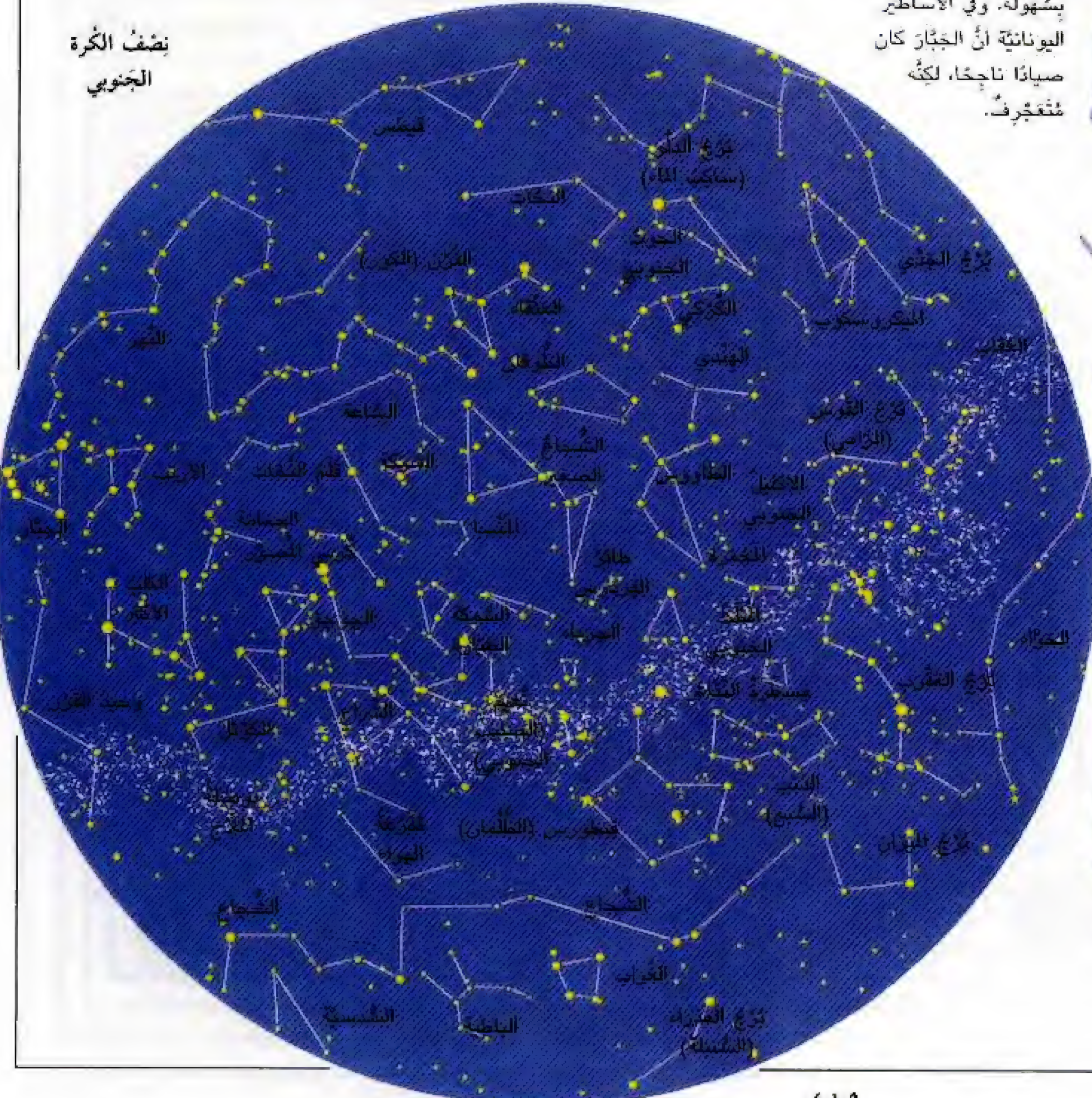
## نِصْفُ الْكُرَةِ الشَّمَالِي



### الْجَبَّارُ

الْجَبَّارُ إِحْدَى الْكُوكَبَاتِ الَّتِي يُمكنُ رُؤْيُهَا بِسُهُولَةٍ. وَفِي الْأَسَاطِيرِ الْيُونَانِيَّةِ أَنَّ الْجَبَّارَ كَانَ صَيَادًا نَاجِحًا، لَكِنَّهُ مُتَعَجِّزٌ.

## نِصْفُ الْكُرَةِ الْجَنُوبِي

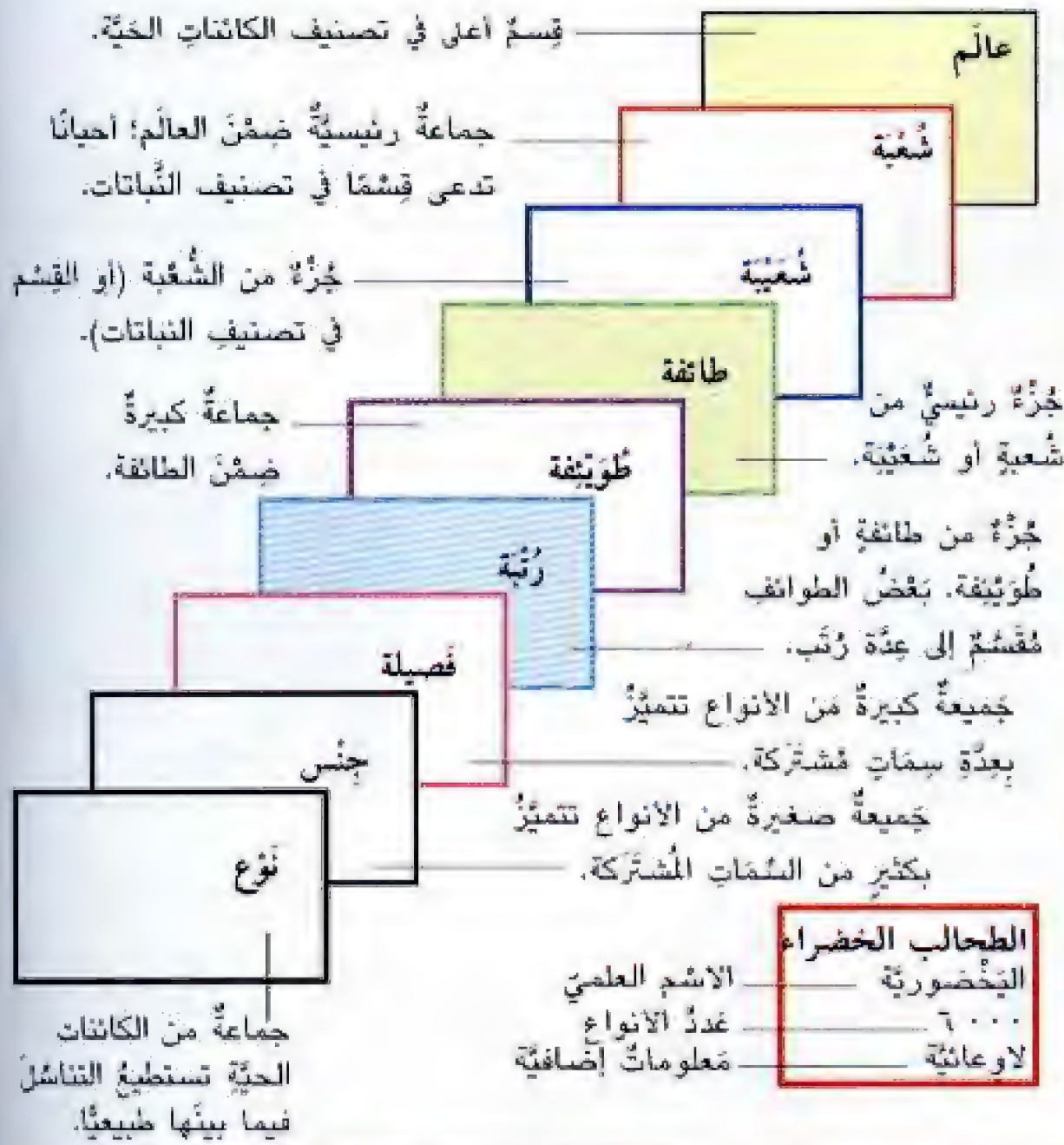




## الكائنات الحية

### كيف تستخدم المخطط

المخطط مُمَيِّز لُونِيًّا بحيثُ يُمكنك معرفة مستوى التصنيف لأي من المجموعات الحيّة بسرعة.



هذا المخطط يُبين كيف يُصنّف البيولوجيون أشكال الحياة المختلفة على الأرض. هنالك خمس مجموعات رئيسية تدعى عوالم؛ والعوالم مُقسّمة بدورها إلى وحدات أصغر. كلُّ مُتَعَصٍّ في المخطط مُمَيِّز بمعلومتين أساسيتين عنه - أولاهما تُحدّد مجموعة الأحياء التي ينتمي إليها، والثانية تُبين الكائنات الحية الأخرى الأقرب إليه في عملية التطور.

<p><b>المُتَغَرِّيات</b></p> <p>المُتَغَرِّيات تمتص غذاءها مِنَّا تُخْضِرُهَا النباتات والحيوانات. هنالك ما يزيد على ١٠٠٠٠٠ نوع، الكثير منها مجهري.</p> <p><b>الفُطُور المُخَاطِطَة</b></p> <p>١٠٠٠٠</p> <p><b>الفُطُور الحَقِيقَة</b></p> <p>١٠٠٠٠</p>	<p><b>الأوليات</b></p> <p>هذا العالم يشمل المُتَغَصِّيات الأحاديّة الخلية؛ وفيه حوالي ٥٠٠٠٠ نوع يعيش مُعْظَمُهَا في الماء.</p> <p><b>المُتَغَرِّيات</b></p> <p>١٠٠٠٠</p> <p><b>المُتَغَرِّيات</b></p> <p>١٠٠٠٠</p> <p><b>العُيُونِيَّات</b></p> <p>١٠٠٠٠</p>	<p><b>بدائيات النوى (المونيرا)</b></p> <p>هذا العالم يشمل أبسط أشكال الحياة على الأرض، وفيه أكثر من ٤٠٠٠ نوع.</p> <p><b>البكتيريا</b></p> <p>٢٠٠٠</p> <p><b>الطحالب الخضراء</b></p> <p>٢٠٠٠</p>
---	--	---

## النباتات

يحتوي عالم النبات أكثر من ٤٠٠٠٠٠ نوع من المُتَغَصِّيات التي تُحَلِّقُ غِذَاءَهَا مُسْتَحْدِمَةً ضَوْءَ الشَّمْسِ، بالإضافة إلى بعض الأنواع التي فقدت تلك القدرة نالًا. النباتات لا تُقَوِّلُ بذاتها، لكنّها تتناسل وتتكاثر.

ينتاج الأبواغ أو البُزُور، التي تنشر غالبًا بعيدًا عن النبتة الأم بوسائل مختلفة. النباتات البسيطة تتكاثر بالأبواغ؛ أمّا النباتات الأكثر ارتفاعًا، كالصنوبريات والنباتات الزهرية، فتتكاثر بالبُزُور.

**اللازهريات** هذه الفئة العامة تشمل نباتات لاوعائية بسيطة لا تحوي شبكات لنقل الماء والأملاح أو الغذاء. كما تشمل أيضًا بعض النباتات الوعائية التي تنقل هذه المواد في أوعية خاصة. مُعْظَمُ النباتات اللاوعائية تعيش في الماء، أو في أماكن رطبة؛ أمّا النباتات الوعائية

<p><b>الطحالب الخضراء</b></p> <p>الطحالب الخضراء</p> <p>٦٠٠٠</p> <p>لاوعائية</p>	<p><b>الطحالب الحمراء</b></p> <p>الطحالب الحمراء</p> <p>٤٠٠٠</p> <p>لاوعائية</p>	<p><b>الطحالب السمرية</b></p> <p>الطحالب السمرية</p> <p>٢٠٠٠</p> <p>لاوعائية</p>	<p><b>الحزازيات والكبديات</b></p> <p>الحزازيات</p> <p>٢٥٠٠٠</p> <p>لاوعائية</p>
<p><b>السرخس</b></p> <p>السرخس</p> <p>١٢٠٠٠</p> <p>وعائية</p>	<p><b>رجل الذئب</b></p> <p>فصيلة رجل الذئب</p> <p>٤٠٠</p> <p>وعائية</p>	<p><b>ذئب الخيل (الكنباث)</b></p> <p>الكنباث</p> <p>٥٥٠</p> <p>وعائية</p>	<p><b>الصنوبريات</b></p> <p>المخروطيات</p> <p>٥٥٠</p> <p>وعائية</p>

**النباتات الزهرية (الزهريات)** يوجد أكثر من ٢٥٠٠٠٠ نوع من النباتات الزهرية؛ وهي كلها وعائية وتنتج بُزُورًا. النباتات الزهرية، كالحوزان، تتألف زهرتها من أجزاء مُنْفَصِلَة مُتَمَائِلَة الترتيب حَوْل شَوْقِ الزهرة. أمّا الزهرات الأكثر ارتفاعًا، كالقشعنة

<p><b>أحاديات الفلقة</b></p> <p>بُزُورُهَا ذَاتُ فِلَقَةٍ وَاحِدَةٍ، وَأَوْرَاقُهَا مُتَوَازِيَةٌ التَّعْرِيق. وَأَجْزَاءُ الزَّهْرَةِ ثَلَاثِيَّةٌ أَوْ مُضَاعَفَاتٌ لِلْعَدَدِ ٣. وَهِيَ قَلَمًا تَكُونُ خَشْبِيَّةً.</p> <p><b>السوسن</b></p> <p>السوسن</p> <p>١٥٠٠</p> <p><b>الأعشاب</b></p> <p>النباتات</p> <p>٨٠٠٠</p>	<p><b>الزردار</b></p> <p>الزردار</p> <p>٤٠</p> <p><b>البقول</b></p> <p>البقول</p> <p>١٨٤٠٠</p>	<p><b>أقحوان</b></p> <p>أقحوان</p> <p>١٠٠٠</p> <p><b>الورد</b></p> <p>الورد</p> <p>١٠٠٠</p>	<p><b>الصبار</b></p> <p>الصبار</p> <p>٦٥٠</p>
<p><b>الطحالب</b></p> <p>الطحالب</p> <p>١٧٥٠٠</p> <p><b>الزبدار</b></p> <p>الزبدار</p> <p>٤٠</p>	<p><b>البقول</b></p> <p>البقول</p> <p>١٨٤٠٠</p> <p><b>الزبدار</b></p> <p>الزبدار</p> <p>٤٠</p>	<p><b>الزبدار</b></p> <p>الزبدار</p> <p>٤٠</p> <p><b>الزبدار</b></p> <p>الزبدار</p> <p>٤٠</p>	<p><b>الزبدار</b></p> <p>الزبدار</p> <p>٤٠</p>



## الحيوانات

عالم الحيوان يحوي مُتعضّيات تُغذّي بالنباتات، أو الحيوانات الأخرى، أو ببقاياهما. معظم الحيوانات يستطيع التنقل من مكان إلى آخر، لكن بعضها يقضي حياته البالغة في مكان واحد. هناك ما بين ١٠ إلى ٢٠ مليون نوع من الحيوانات.

مكان إلى آخر، لكن بعضها يقضي حياته البالغة في مكان واحد. هناك ما بين ١٠ إلى ٢٠ مليون نوع من الحيوانات.

**اللافقاريات** هذه الفئة العاشرة تشمل جميع الحيوانات التي ليس لها عمود فقري، وتضم أكثر من تسعة أعشار جميع أنواع الحيوان. الكثير من اللافقاريات رُخو الجسم يعيش في الماء أو في المواطن البيئية الرطبة. وتنفرد شعبة المفصليات بأنها حققت نجاحاً شاملاً في الماء وعلى البر.

الماء أو في المواطن البيئية الرطبة. وتنفرد شعبة المفصليات بأنها حققت نجاحاً شاملاً في الماء وعلى البر.

<p><b>اللافقاريات (اللافقاريات)</b> الديدان ٩٥٠٠٠ بحرية غالباً</p> <p>المرجانيات قناديل البحر الشقائق البحرية الغددات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المسطحات</b> الديدان المسطحة ٧٠٠٠٠ المسطحات البحرية العيش الديدان المثقبة الشريطيات</p> 	<p><b>الرغويات</b> الرغويات ٩٠٠٠٠ عائمة وبرتية</p> <p>الحيوانات البراق والفواقع البطلينوس والمحار المروحي الصدفيات المستنة الأخطبوطات والحباريات والشيدجيات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ١٢٠٠٠ عائمة وبرتية</p> <p>الخراطيم والدوديات الحمرات العلق الديدان الغزوية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٦٠٠٠ بحرية</p> <p>التجملات القصبية قناديل البحر خيار البحر نجم البحر زنايق البحر والتجملات الرشيّة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> المشقيات والدورات والخطميات ٣٠٠٠٠ الأمشاط البحرية الدورات جوفيات الخرطوم (البهرنينة)</p> 
---	---	---	--	--	--

**المفصليات** هذه الشعبة الكبيرة تحوي حيوانات مُفصّلة الأجسام مُشذفة يُغطيها هيكل خارجي. يُدغم الهيكل الخارجي الجسم ويحميه، كما يمتدّه من الشفاف على البر.

<p><b>اللافقاريات</b> اللافقاريات ٩٥٠٠٠ بحرية غالباً</p> <p>المرجانيات قناديل البحر الشقائق البحرية الغددات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المسطحات</b> الديدان المسطحة ٧٠٠٠٠ المسطحات البحرية العيش الديدان المثقبة الشريطيات</p> 	<p><b>الرغويات</b> الرغويات ٩٠٠٠٠ عائمة وبرتية</p> <p>الحيوانات البراق والفواقع البطلينوس والمحار المروحي الصدفيات المستنة الأخطبوطات والحباريات والشيدجيات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ١٢٠٠٠ عائمة وبرتية</p> <p>الخراطيم والدوديات الحمرات العلق الديدان الغزوية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٦٠٠٠ بحرية</p> <p>التجملات القصبية قناديل البحر خيار البحر نجم البحر زنايق البحر والتجملات الرشيّة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> المشقيات والدورات والخطميات ٣٠٠٠٠ الأمشاط البحرية الدورات جوفيات الخرطوم (البهرنينة)</p> 
---	---	---	--	--	--

**الحبيبات** هذه الشعبة تحوي حيوانات ذات خيل عصبي وظهري جاسي يمتد على طول الجسم. وفيها ٤٤٠٠٠ نوع كلها تقريباً فقارية (أي تحوي عموداً فقرياً). أما شعبيتها

<p><b>اللافقاريات</b> اللافقاريات ٩٥٠٠٠ بحرية غالباً</p> <p>المرجانيات قناديل البحر الشقائق البحرية الغددات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المسطحات</b> الديدان المسطحة ٧٠٠٠٠ المسطحات البحرية العيش الديدان المثقبة الشريطيات</p> 	<p><b>الرغويات</b> الرغويات ٩٠٠٠٠ عائمة وبرتية</p> <p>الحيوانات البراق والفواقع البطلينوس والمحار المروحي الصدفيات المستنة الأخطبوطات والحباريات والشيدجيات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ١٢٠٠٠ عائمة وبرتية</p> <p>الخراطيم والدوديات الحمرات العلق الديدان الغزوية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٦٠٠٠ بحرية</p> <p>التجملات القصبية قناديل البحر خيار البحر نجم البحر زنايق البحر والتجملات الرشيّة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> المشقيات والدورات والخطميات ٣٠٠٠٠ الأمشاط البحرية الدورات جوفيات الخرطوم (البهرنينة)</p> 
<p><b>اللافقاريات</b> اللافقاريات ٩٥٠٠٠ بحرية غالباً</p> <p>المرجانيات قناديل البحر الشقائق البحرية الغددات (الهيدرا)</p> 	<p><b>المسطحات</b> الديدان المسطحة ٧٠٠٠٠ المسطحات البحرية العيش الديدان المثقبة الشريطيات</p> 	<p><b>الرغويات</b> الرغويات ٩٠٠٠٠ عائمة وبرتية</p> <p>الحيوانات البراق والفواقع البطلينوس والمحار المروحي الصدفيات المستنة الأخطبوطات والحباريات والشيدجيات</p> 	<p><b>الحلقيات</b> الديدان الحلقية ١٢٠٠٠ عائمة وبرتية</p> <p>الخراطيم والدوديات الحمرات العلق الديدان الغزوية وديدان بحرية أخرى</p> 	<p><b>الشوكيات</b> شوكيات الجلد ٦٠٠٠ بحرية</p> <p>التجملات القصبية قناديل البحر خيار البحر نجم البحر زنايق البحر والتجملات الرشيّة</p> 	<p><b>شعب صغيرة</b> المشقيات والدورات والخطميات ٣٠٠٠٠ الأمشاط البحرية الدورات جوفيات الخرطوم (البهرنينة)</p> 

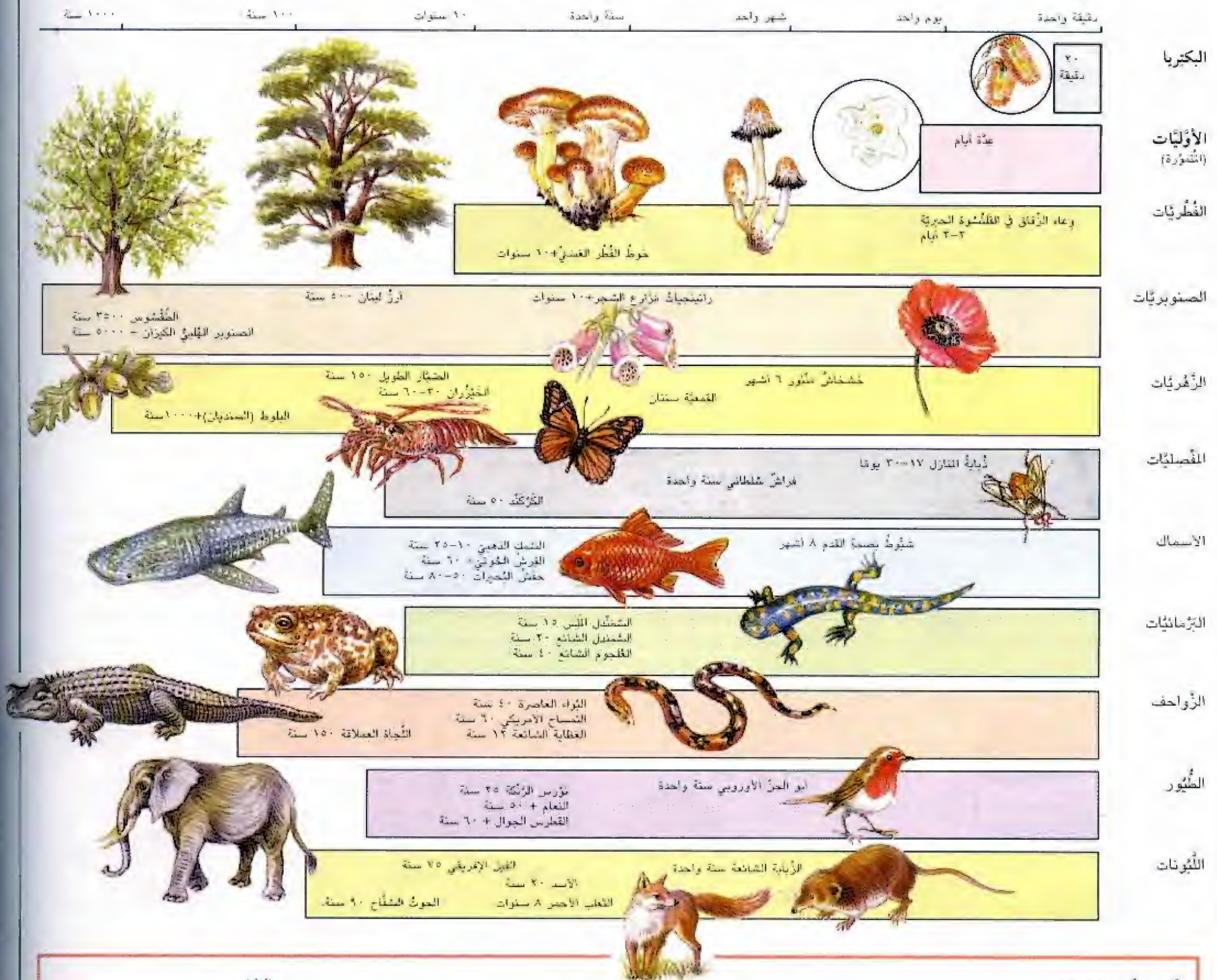


# الكائنات الحية - كيف تعمل

مدى الأعمار






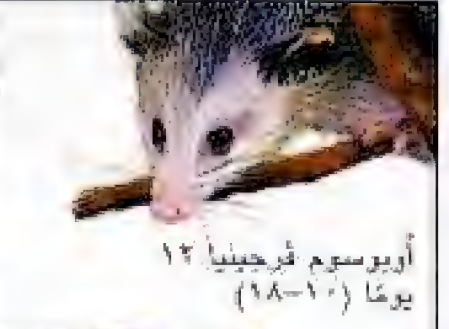
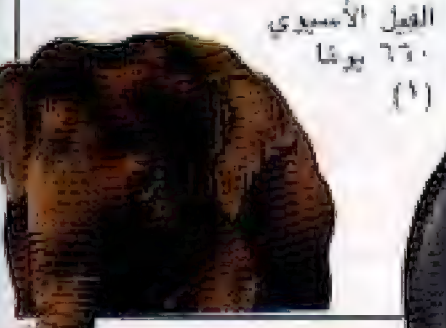
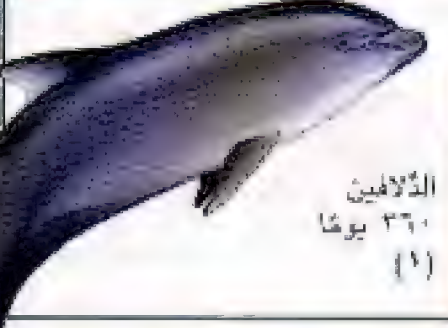

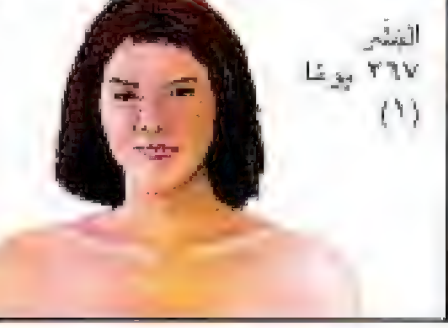

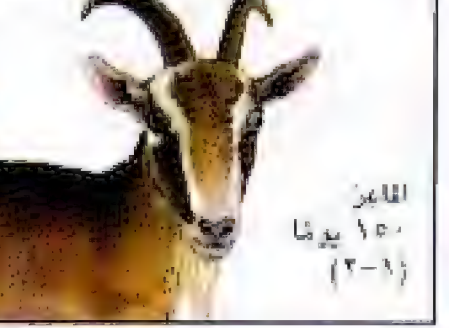
يرتبط مدى العمر، في معظم الكائنات الحية، بعملية التكاثر؛ فالنباتات والحيوانات لا تعيش طويلاً بعد انتهاء حياتها التناسلية وفيما يلي

مدى أعمار مختلف المتعضيات. أما البكتيريا والأوليات فتتكاثر عادةً بالانقسام الثنائي، فتبقى خلاياها أو بعضها حية بالرغم من انشطاراتها.



## فترات الحمل

فترة الحمل هي الفترة الزمنية بين الإخصاب والولادة؛ وهي في معظم الثدييات محددة بدقة. فالثدييات الضخمة غالباً ما تكون فترات حملها طويلة - مع بعض الاستثناءات، كما في الكناغر حيث فترة الحمل قصيرة جداً.

 <p>الأسود ١١٠ أيام (٣-٢)</p>	 <p>الكلاب ٦٣ يوماً (٨-٣)</p>	 <p>الكناغر ١١ يوماً (١)</p>	 <p>فأر المنزلي ٢٠ يوماً (١٠-١٢)</p>	 <p>أوبوسوم فريجنيا ١٢ يوماً (١٠-١٨)</p>	 <p>أوبوسوم فريجنيا ١٢ يوماً (١٠-١٨)</p>
 <p>الفيل الأسبوري ٦٦٠ يوماً (١)</p>	 <p>الدلافين ٣٦٠ يوماً (١)</p>	 <p>البقرة ٢٧٨ يوماً (١)</p>	 <p>الإنسان ٣٦٧ يوماً (١)</p>	 <p>الشعلة ٢٥٠ يوماً (١)</p>	 <p>الماعز ١٥٠ يوماً (١-٢)</p>



## دَرَجَةُ حَرَارَةِ الْجِسْمِ

المُصْطَلَحان «حَارُّ الدَّم» و«باردُ الدَّم» قد يكونان مُضَلِّلَيْن . فالشُّبُّوطُ البَطْرِيخِيُّ الصَّحْرَاوِيُّ «باردُ الدَّم» كسائر الأسماك ؛ لكنَّهُ يَعِيشُ فِي الْبَنَابِيعِ الْحَارَّةِ ، وَدَمُهُ حَارٌّ فِي الْوَاقِعِ . فِيمَا الْخُفَّاشُ الْمُسْتَكِبُّ شِتَاءً «حَارُّ الدَّم» لَكِنَّ دَرَجَةَ حَرَارَةِ جِسْمِهِ أبردُ بِكَثِيرٍ .

### حَيَوَانَاتٌ خَارِجِيَّةُ الْإِحْرَارِ (بَارِدَةُ الدَّمِ)



سَمَكُ الْجَلِيدِ  
٥° س

الْمُتَلَسِّمُونَ  
صَفْرٌ ٢٠° س

الضَّفَادِعُ  
٧° س

الْعُظَلَايَا  
١٨° س

### حَيَوَانَاتٌ دَاخِلِيَّةُ الْإِحْرَارِ (حَارَّةُ الدَّمِ)



### مُعَدَّلَاتُ الْأَيْضِ (الِاسْتِقْلَابِ)

إِنَّ مُعَدَّلَ الْإِسْتِقْلَابِ لِأَيِّ حَيَوَانٍ هُوَ مُعَدَّلٌ مَا «يَحْرِقُهُ» مِنَ الْغِذَاءِ لِإِطْلَاقِ الطَّاقَةِ . فِيمَا يَلِي مُعَدَّلَاتُ الْأَيْضِ لِمَجْمُوعَةٍ مِنَ اللَّبُونَاتِ الْمُخْتَلِفَةِ ، بِالْمُقَارَنَةِ مَعَ مُعَدَّلِهِ فِي الْبَشَرِ . فَالْلَّبُونَاتُ الصَّغِيرَةُ يَنْبَغِي لَهَا حَرَقُ الْغِذَاءِ بِمُعَدَّلٍ أَعْلَى بِالنِّسْبَةِ لِأَحْجَامِهَا - لِأَنَّ مِسَاحَةَ جِلْدِهَا الْكَبِيرَةَ نِسْبِيًّا تُفْقِدُ أَجْسَامُهَا الْحَرَارَةَ بِسُرْعَةٍ .

لِلْمُقَارَنَةِ يُبَيِّنُ الْمُحَظَّطُ سُرْعَةَ احْتِرَاقِ الْغِذَاءِ فِي الْحَيَوَانَاتِ لِكُلِّ وَحْدَةٍ وَزْنٍ مِنْ أَجْسَامِهَا ، بِافْتِرَاضِ الرِّقْمِ وَاحِدِ الْمُعَدَّلِ لِلْإِنْسَانِ .

الفيل ٠.٣٣

الجحش ٠.٠٢

الإنسان ١.٠٠

الخروف ١.٠٥

القط ١.٥٧

الهر ٣.٣٥

الجرن ٤.١٤

الشعاب ٤.٩٠

غارة القارل ٧.٨٦

غارة الخنصر ١١.٩٠

الرأبذة ٣٥.٣٥

## الْفَيْتَامِينَات

الْفَيْتَامِينَاتُ مُعَدَّيَاتٌ أَسَاسِيَّةٌ يَحْتَاجُهَا الْجِسْمُ بِكَمِّيَّاتٍ ضَخِيمَةٍ جِدًّا . الْقَائِمَةُ أدناه تُبَيِّنُ احتِياجَاتِ الشَّخْصِ الْبَالِغِ مِنَ الْفَيْتَامِينَاتِ يَوْمِيًّا .

### فَيْتَامِينَاتُ تَذَوُّبِ الدَّهْنِ

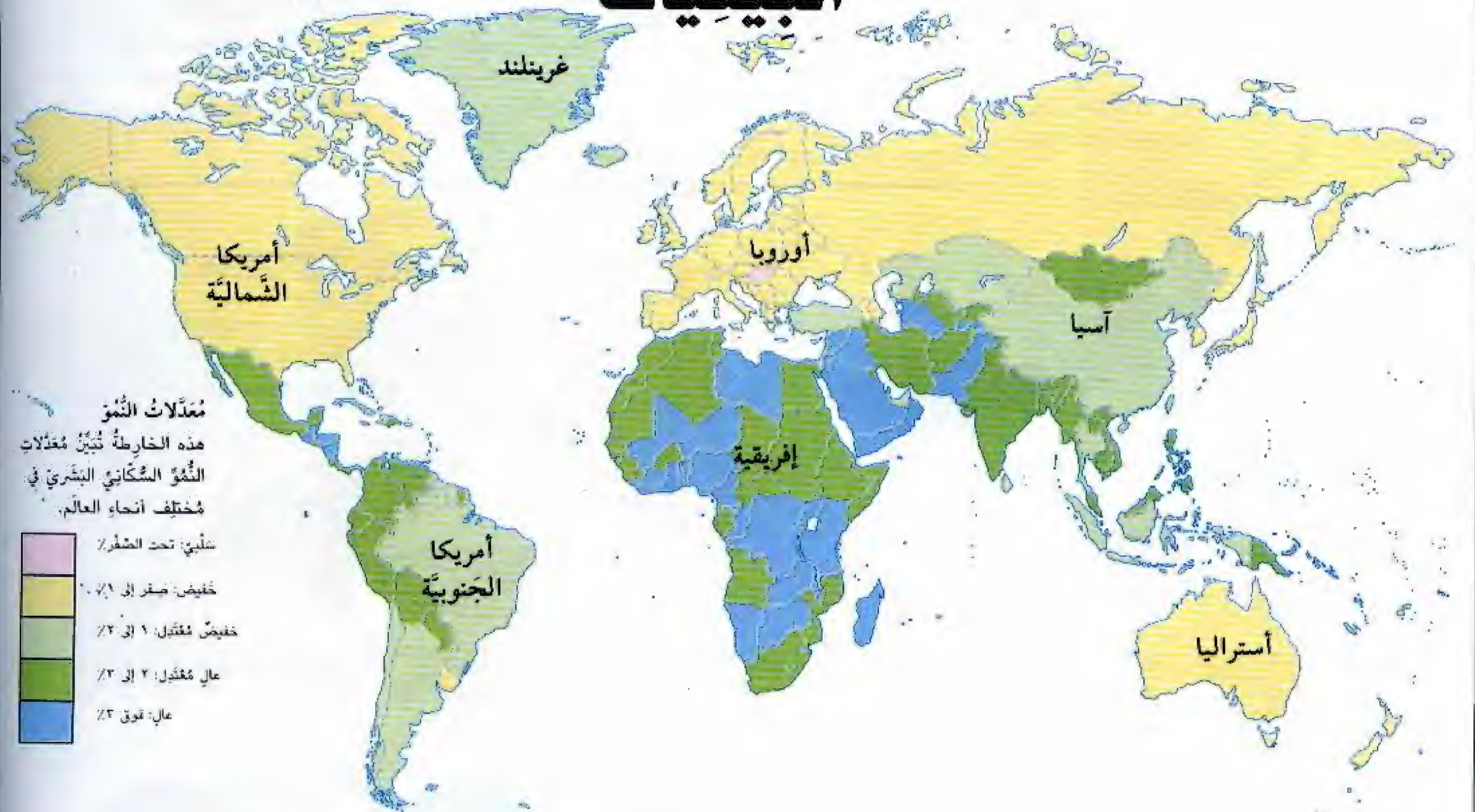
١ مليغرام	فَيْتَامِينُ أ
٧.٥ ميكروغرامات	فَيْتَامِينُ د
١٠ مليغرامات	فَيْتَامِينُ هـ
١٠٠ ميكروغرام	فَيْتَامِينُ ك

### فَيْتَامِينَاتُ تَذَوُّبِ الْمَاءِ

١.٥ مليغرام	فَيْتَامِينُ ب
١.٧ مليغرام	فَيْتَامِينُ ج
١٩ مليغراما	نِيَّاسُون
٢.٣ مليغرام	فَيْتَامِينُ ب١
٣ ميكروغرامات	فَيْتَامِينُ ب٢
٦ مليغرامات	حَاسِضُ الْهَيْسُوتُونِيك
٤٠٠ ميكروغرام	حَاسِضُ الْفُولِيك
٢٠٠ ميكروغرام	بَيُوتِين
٦٠ مليغراما	فَيْتَامِينُ ج

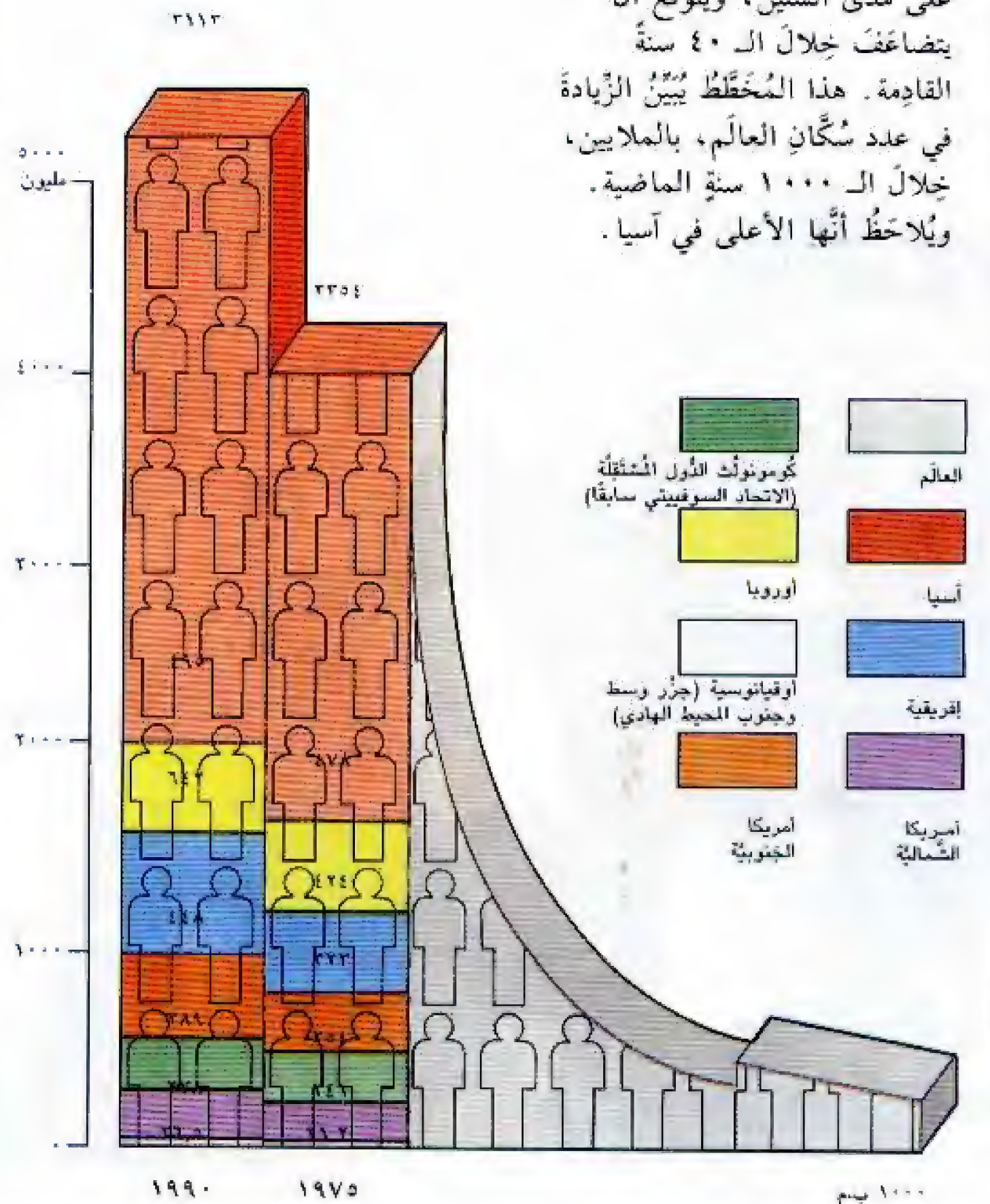


# البيئات



## النمو السكاني

لقد تزايد عدد سكان العالم باطراد على مدى السنين، ويُتوقع أن يتضاعف خلال الـ ٤٠ سنة القادمة. هذا المخطط يُبيِّن الزيادة في عدد سكان العالم، بالملايين، خلال الـ ١٠٠٠ سنة الماضية. ويلاحظ أنها الأعلى في آسيا.

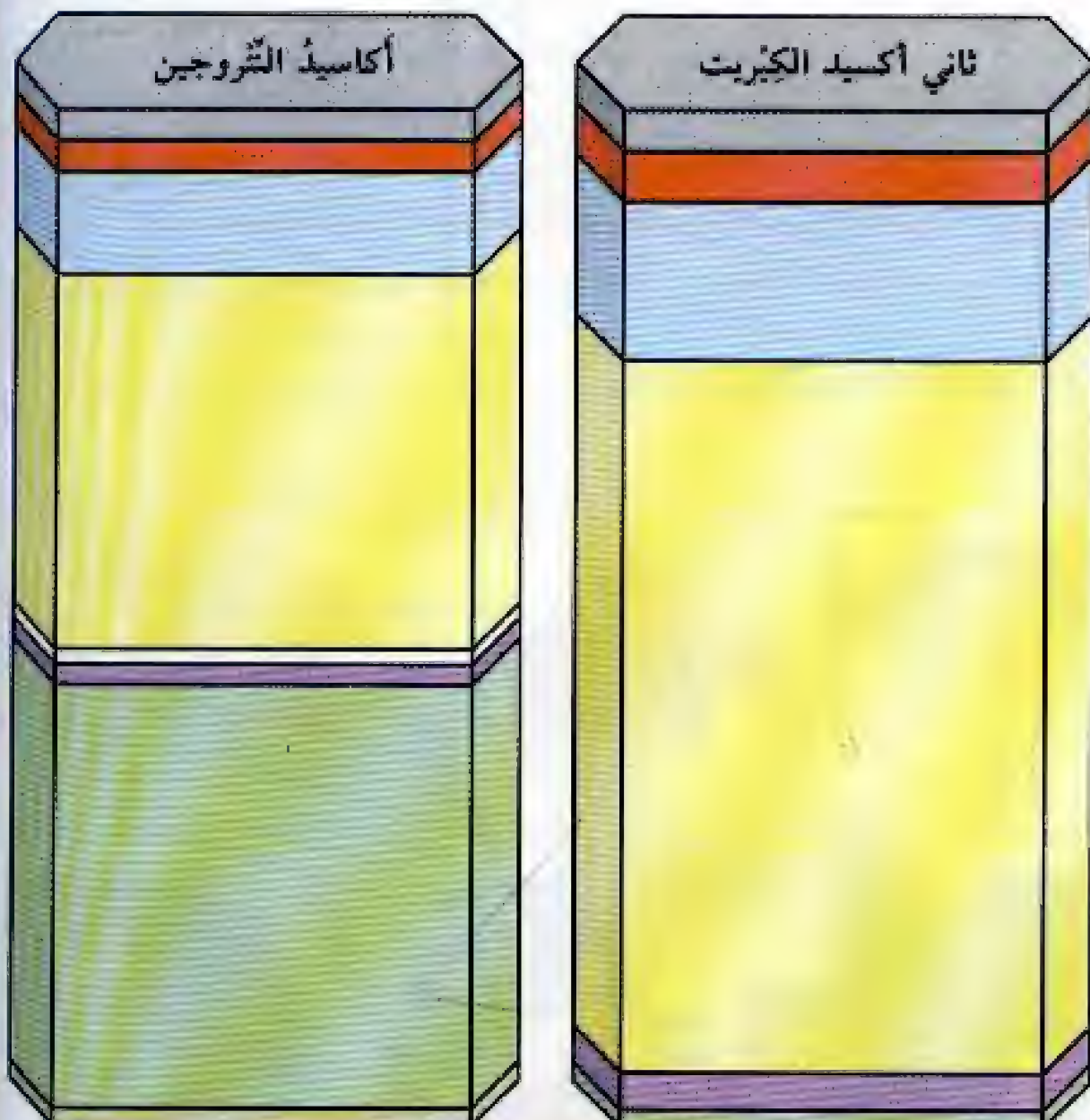


## التلوث

المطر الحامضي يلحق الضرر بالغابات وبالحياة البرية. وتسبب هذا المطر غازات ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين الناتجة عن احتراق الوقود المختلفة. هذه الغازات تذيب في قطرات الماء المعلقة في الهواء الرطب؛ ثم تساقط مطراً أو ثلجاً حامضياً يلحق الضرر بالبيئة.

الدليل (مصادر التلوث)

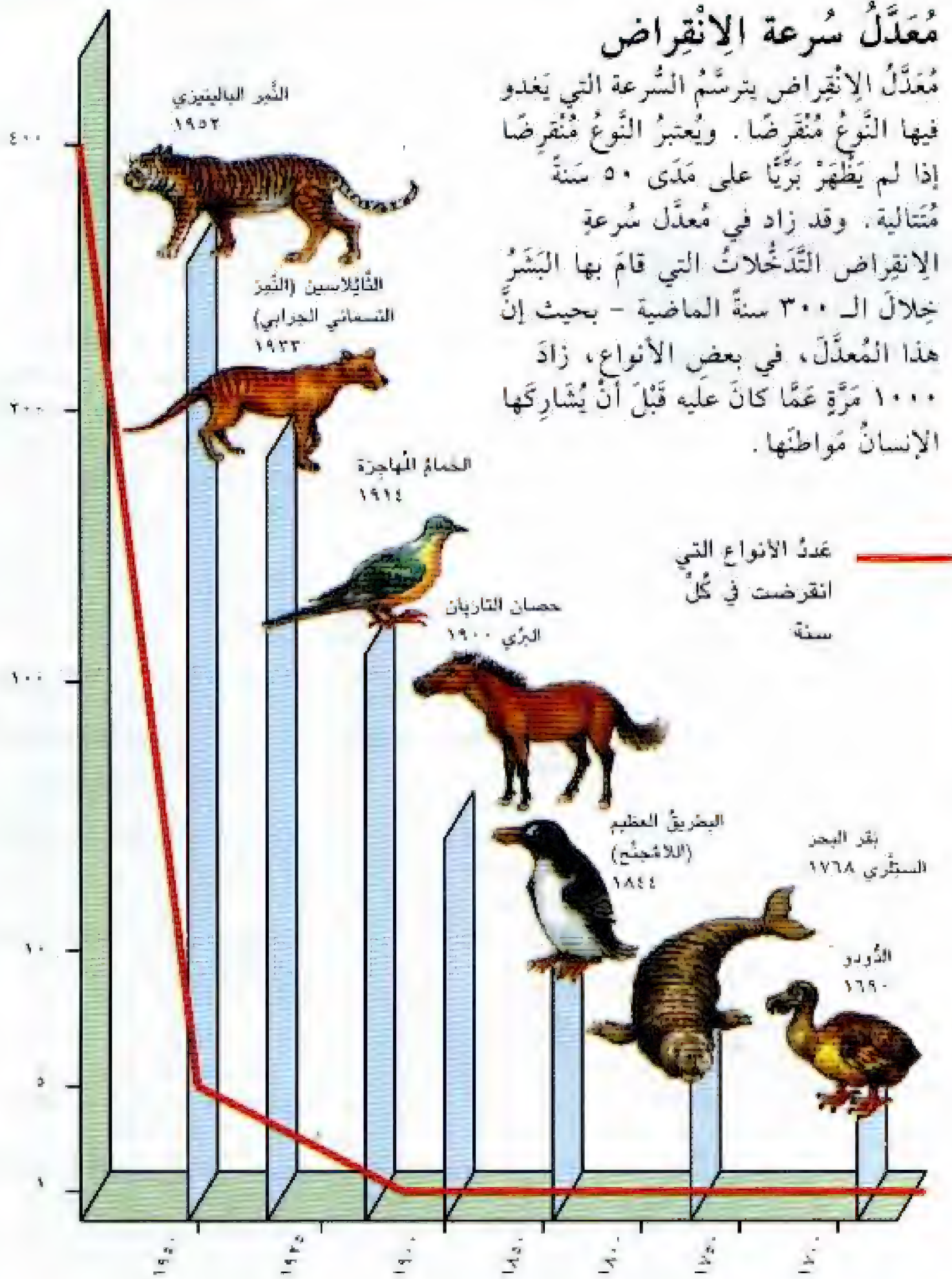
- التجارة
- المنازل
- الصناعة
- محطات القدرة
- السفن الحديثة
- تصافي النفط
- حركة البشر
- عوامل أخرى





## مُعَدَّلُ سُرْعَةِ الْإِنْقِرَاضِ

مُعَدَّلُ الْإِنْقِرَاضِ يَتَرَسَّمُ السَّرْعَةَ الَّتِي يَغْدُو فِيهَا النَّوْعُ مُنْقَرَضًا . وَيُحْتَسَبُ النَّوْعُ مُنْقَرَضًا إِذَا لَمْ يُظْهَرْ بَرِّيًّا عَلَى مَدَى ٥٠ سَنَةً مُتَتَالِيَةً . وَقَدْ زَادَ فِي مُعَدَّلِ سُرْعَةِ الْإِنْقِرَاضِ التَّدْخُلَاتُ الَّتِي قَامَ بِهَا الْبَشَرُ خِلَالَ الـ ٣٠٠ سَنَةٍ الْمَاضِيَةِ - بِحَيْثُ إِنَّ هَذَا الْمُعَدَّلَ، فِي بَعْضِ الْأَنْوَاعِ، زَادَ ١٠٠٠ مَرَّةً عَمَّا كَانَ عَلَيْهِ قَبْلَ أَنْ يُشَارِكَهَا الْإِنْسَانُ مَوَاطِنَهَا .



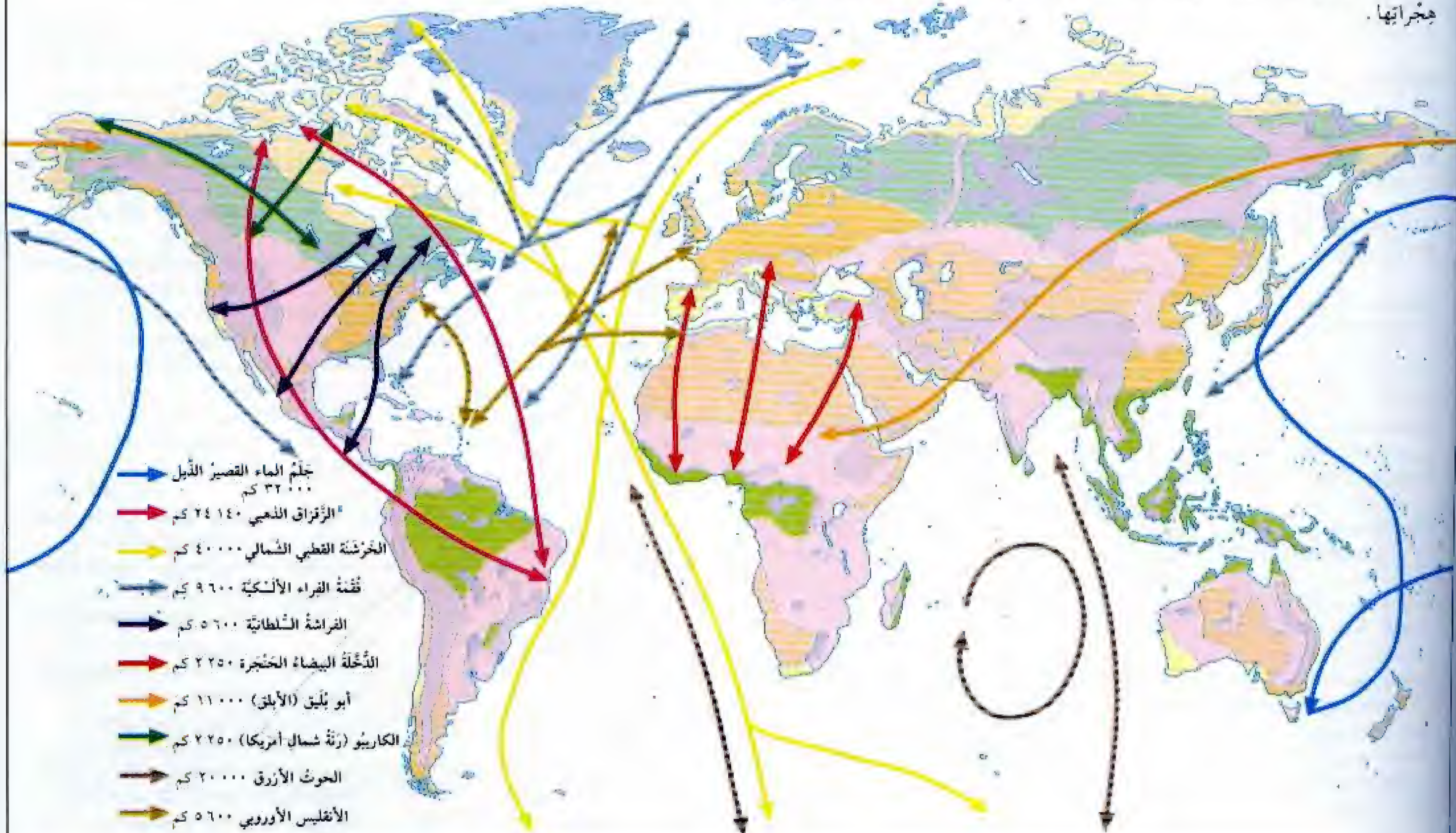
## الأنواع المهددة بالانقراض

كثير من أنواع الحيوان، كالأصناف المميّنة أدناه، مهددة بالانقراض بسبب تدمير موائلها الطبيعية والتلوث والصيد ومناقسة الأنواع الجليبية من نباتات أخرى.

الحيوان	موطنه	العدد الباقي منه
الجاموس الآسيوي	الهند ونيبال	٢٢٠٠
الببوزون الأوروبي	بولونيا	حوالي ١٠٠٠
الغوريلا الجبلي	رواندا (إفريقية)	٦٠٠
الفقمة الزاهية المتوسطية	البخار الأبيض المتوسط	٥٠٠
الدلفين النهرى الصينى	الصين	٣٠٠
البندا العملاق	الصين	٣٠٠
الكركي الشّهابي	أمريكا الشمالية	٢٠٠
شعشع الطمارين الذهبي	أمريكا الجنوبية	٢٠٠
الخنزير البري القزم	أسام (باليهند)	١٠٠
الكركدن الجاوي	جاوا (إندونيسيا)	٥٠
نبغاء كاكايو	نيوزيلندا	٥٠

## مسالك الهجرة ومداهها

في أوقات محدّدة من السنة، تنتقل بعض الحيوانات من منطقة إلى أخرى - ويُعرف هذا بالهجرة. وفيما يلي مُعَدَّلُ المسافات التي تقطعها هذه الحيوانات في هجراتها.





# تعريفات \*



انتشار أزموسي: أنظر «تناضح».

الانتقاء الصنعي: أنظر «الانتخاب الاصطناعي».

انتقاض، أيض هدمي: سلسلة تفاعلات كيميائية تُفكك الجزيئات الكبيرة في الكائنات الحية إلى جزيئات أصغر، وهذا يُنتج طاقة (catabolism).

انتقال (النسخ): تحوُّل أو انتقال المورث في أجزاء النبات (translocation).

انتراسيت: قحمة صلبة تقوي يحترق دونما لهب أو دخان تقريباً (anthracite).

إنحل - ينحل: يتفكك أو ينحل بفعل الحالات الغضوية (decompose).

إنجلال: أنظر «تنحل».

إنقارص: أنظر «انقراض».

اندسيت: صخر بركاني بُني أو رمادي دقيق الخبيبات (andesite).

اندماج نووي: تفاعل نووي تندمج فيه النوى الخفيفة (كالهيدروجين مثلاً) لتكوين نواة أثقل ومطلقة طاقة (nuclear fusion).

إندوسپرم، سويداء البذرة: نسيج اختزان الغذاء في البذرة (endosperm).

الانزياح الأحمر: انزياح الضوء (نحو الطرف الأحمر للطيف) من مجرة تتحرك بعيداً عن الأرض (red shift).

انزيم: حفاز في الكائنات الحية يزيد من سرعة التفاعلات في العمليات الكيميائية الطبيعية (enzyme).

إنشطار نووي: تفاعل نووي تشطر فيه النواة إلى نواتين أصغر مُطلقة طاقة (nuclear fission).

إنضغاط (١) تضغط (في الأمواج الطولية كالصوت) يزيد من الضغط وكثافة الجزيئات (compression).

(٢) إنضغاط يزيد من كثافة المائع (compression).

إنعراج، حيود: انتشار الأمواج توسعاً عند عبورها شقفاً ضيقاً (diffraction).

انعكاس: ارتداد الضوء أو الحرارة أو الصوت عن سطح ما (reflection).

انعكاس داخلي: انعكاس بعض الضوء من حزمة أشعة ضوئية مارة من وسط كثيف (كالزجاج) إلى وسط أقل كثافة (كالماء) (internal reflection).

انعكاس قطبي: انعكاس اتجاه المجال المغنطيسي الأرضي (polar reversal).

انعكاس مرآوي: انعكاس ترتد فيه أمواج الضوء عن السطح العاكس بالزاوية نفسها التي تسقط فيها (specular reflection).

الانفجار العظيم: نظرية مفادها أنَّ الكون ابتدا بانفجار هائل للمادة. ويُعتقد أنَّ أجزاء الكون لا تزال في تبايح بسبب ذلك الانفجار (Big Bang).

انقراض، إنقارص: موت جميع الأفراد من كائن حي (extinction).

انقسام الخلية: عملية تنشط فيها خلية واحدة لتنتج خليتين شبيهتين (cell division).

الانقسام الفتيلي: انقسام الخلية حيث تنقسم النواة لنتج خليتين، كل واحدة منهما تحوي العدد نفسه من الصغيات (الكروموسومات) كالخلية الأم (mitosis).

انقسام مُنصف: انقسام الخلية الذي ينتج أربعة أمشاج (أعراس) في كل منها نصف عدد الكروموسومات (الصغيات) الموجودة في الخلية الأصلية (meiosis).

انكسار: تغير اتجاه الحزمة الضوئية عند مرورها من وسط إلى آخر مختلف الكثافة (مثلاً من الهواء إلى الزجاج) (refraction).

أنود، مصعد: إلكترود موجب (anode).

أنودة: تغطية جسم فلزي بطبقة أكسيدية واقية رقيقة بالكهرو (anodizing).

أيون، شاردة سالبة: أيون سالب الشحنة الكهربائية (anion).

إهتران، دذبنة: حركة ترحيل سريعة (ذهاباً وإياباً)، مثلاً الزلزلة تجعل سطح الأرض يهتز، والصوت يجعل الهواء يهتز (أو يتذبذب) (vibration).

أوزون: نظير للأكسجين يوجد في طبقات الجو العليا حيث يؤلف طبقة الأوزون. يحوي جزيء الأوزون ثلاث ذرات من الأكسجين (ozone).

أوم (Ω): وحدة المقاومة الكهربائية (يساوي مقاومة موصل يمر به أمبير واحد حين فرق الجهد بين طرفيه فلف واحد) (ohm).

أويل: أنظر «بروتون».

أيسوبار، خط تساوي الضغط: خط على خريطة الطقس يصل النقاط المتساوية ضغط الهواء (الضغط الجوي) (isobar).

أيسومر، زمير، مماكب: مركب مماثل لآخر في التركيب (يحوي الذرات نفسها) لكن بترتيب ذرات مختلف (isomer).

أيض بنائي، استقلاب بنائي: سلسلة من التفاعلات الكيميائية الكائنات الحية تنتج جزيئات كبيرة من آخر صغيرة (anabolism).

المادة يصحبه انبعاث الإشعاع (radioactivity).

أشعة إكس، الأشعة السينية: ضرب من الإشعاع الكهرومغناطيسي أمواجه أقصر من الإشعاع فوق البنفسجي (وتردده أكثر) (X-rays).

أشعة جاما: نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي أطواله الموجية قصيرة جداً (gamma rays).

الأشعة السينية: أنظر «أشعة إكس».

إصداء، ترجيع الصدى: بلوغ الصدى السامع قبل انتهاء الصوت الأصلي (فيبدو أنَّ الصوت استمر لفترة أطول) (reverberation).

أطراف: أنظر «طيف».

إعادة التدوير: إعادة استخدام النفايات (بعد شعاليتها) لتوفير الموارد والطاقة (recycling).

إعصار، زوبعة: منطقة ضغط منخفض تسودها رياح شديدة تبلغ سرعتها ١٢٠ كم/ الساعة تدوم بتاجاد ضداد لحركة عقرب الساعة في نصف الكرة الشمالي (وعكس ذلك في النصف الجنوبي) (cyclone).

إعصار مداري: عاصفة دوامية مدارية هائلة تزيد سرعة الرياح فيها على ١٢٠ كيلومتراً في الساعة (hurricane).

إعصار مائي دوامي: عمود مائي يسقطه تورنادو (إعصار دوامي قمعي) فوق مياه البحر (waterspout).

إعصار مداري دوامي: أنظر «إعصار».

إعصار مُضاد: أنظر «ضد الإعصار».

إف إم: أنظر «تضخم التردد».

إفراز: إطلاق (أو انطلاق) مواد شغينة من خلايا النبات والحيوان (secretion).

إفراغ: إزالة الفضلات بمختلف الوسائل التي تقوم بها المتعضيات (excretion).

أكسدة، تأكسد: اكتساب المادة أكسجيناً أو فقدائها للهيدروجين: أو فقدان الذرة إلكترونات في تفاعل كيميائي (oxidation).

إكسوسفير، الغلاف (الجوي) الخارجي: الجزء الخارجي الأقصى من جو الأرض (حوالي ٩٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض) (exosphere).

أكسيد: مركب من عنصر مع الأكسجين (oxide).

إكليل، طفاوة، هالة: طبقة الغازات الساخنة الخارجية المحيطة بالشمس (corona).

التصاق، تلاصق: قوة التجاذب بين ذرات أو جزيئات مادتين مختلفتين (adhesion).

إلكترود، مشري، قطب: قطعة من المعدن أو الكربون تجعل أو تطلق الإلكترونات في دائرة كهربائية (electrode).

إلكتروسكوب، مكشاف كهربائي: جهاز يكشف عن وجود بحنة كهربائية (electroscope).

إلكتروليت: أنظر «كهول».

إلكترون، كهرب: جسيم سالب الشحنة الكهربائية يدور حول النواة في كل أنواع الذرات (electron).

أمبير: وحدة قياس شدة التيار الكهربائي (ampere «amp»).

أمشاج: أنظر «مُشيج».

أميتر: جهاز قياس شدة التيار الكهربائي (ammeter).

إنساني: فرد من فصيلة الرئيسات الشبيهة بالبشر ومنها الإنسان والقرود العليا (hominid).

إنقاش: المراحل الأولى من نمو البذرة (لتصبح نبتة) (germination).

الانتخاب الاصطناعي: إنقاء يُمكن الإنسان من تغيير التركيب الجيني لنوع معين من الكائنات (artificial selection) (قارن «انتخاب طبيعي»).

الانتخاب الطبيعي: طريقة الانتخاب بحيث إنَّ الخصائص التي تساعد النوع على البقاء تُوَرَّث إلى الجيل التالي (natural selection).

إنقشار: امتزاج مادتين أو أكثر بفعل الحركة العشوائية للجزيئات (diffusion).

\* الكلمات المطبوعة بحرف مائل تدل في مداخل مستقلة في هذا المسرد.

آ، لابة كُتلة: لابة بركانية خشنة السطح (a a).

أكل العشب: أنظر «عاشب».

أكل اللحم: أنظر «لاحم».

إشكال: أنظر «مخ» (كيتاوي).

إبصار بالعينين: قدرة بعض الحيوانات على رؤية الأجسام مجسمة ثلاثية الأبعاد وبالتالي تقدير المسافات (binocular vision).

إفزان: أنظر «مَوَزَن».

أجاج: محلول ملحي قوي (brine).

أجيج شمسي: شوط أو اندلاع إشعاعي تفجيري مفاجئ من الشمس (solar flare).

أحادي الفلقة: نبات زهري مفرد الفلقة (مفرد ورقة البذرة) (monocotyledon).

احتراق: تفاعل كيميائي تتحد فيه المادة بالأكسجين مُنتجة طاقة حرارية (combustion).

احتكاك: قوة تُبطئ أو توقف حركة سطح على آخر (friction).

أحفورة، مُستخرجة: بقايا نبات أو حيوان مُتخجرة (fossil).

إختزال: اكتساب المادة الهيدروجين أو فقدانها الأكسجين؛ وتوسيعاً هو اكتساب الذرة إلكترونات في تفاعل كيميائي (reduction).

إختلاف المنظر: تحوُّل الأجسام ظاهرياً، بعضها بالنسبة لبعض، بتغير موقع المشاهد (كتحرك الأشجار القريبة ظاهرياً بالنسبة للتلال خلفها خلال تحوُّل المشاهد) (parallax).

إختمار، تخمير: عملية تحويل (أو تحوُّل) السكريات النباتية إلى كحول وثنائي أكسيد الكربون بواسطة الخمائر (fermentation).

إخصاب: إتحاد الأمشاج (الأعراس) الذكرية بالأمشاج الأنثوية (fertilization).

إخصاب تهجين: إخصاب (أو إلقاح) النبات بأمشاج (أو أعراس) من نوع نباتي آخر (cross-fertilization).

إدماع: أنظر «نضج».

أدمة: طبقة خفيفة من الشَّسج الجلدي تحت البشرة (dermis).

أدمة خارجية: أنظر «بشرة».

إرتاج: لحاق جبهة باردة بأخرى دافئة (occlusion).

إرتحال: أنظر «هجرة».

إرتشاح: أنظر «نتج».

إزاحة: تفاعل كيميائي يُستبدل فيه أيون أو ذرة في جزيء بأيون أو ذرة أخرى (displacement).

إزالة الملوحة، تخلية: إزالة الملح من ماء البحر (desalination).

الأس الهيدروجيني: أنظر «pH».

إستنباب، إستقرار داخلي: وسائل الحيوان لحفظ بيئته الداخلية (درجة الحرارة وضغط الدم والأس الهيدروجيني لوسائل الجسم الخ) مُستقرة (homeostasis).

إستحالة: أنظر «تحوُّل».

إستراتيغرافية، علم طبقات الأرض: دراسة وتوصيف الطبقات الصخرية (stratigraphy).

إستشراب: طريقة فصل المزيج بإمراره خلال وسط مُعين - كورقة ترشيح مثلاً - أجزاء المزيج المختلفة تسري عبر الوسط بشرعات مختلفة، أو هو طريقة لفصل مزيج من المذابات بانتشارها المتباين خلال وسط مسامي (chromatography).

إستقرار داخلي: أنظر «إستنباب».

إستقلاب بنائي: أنظر «أيض بنائي».

أشابة: خليط من فلزين أو أكثر، أو من فلز ولافلز (alloy).

إشباع: أنظر «تشبع».

إشراق كهربائي، زحلاق كهربائي: فصل الجسيمات المشحونة في مزيج (electrophoresis).

إشعاع (١) موجة كهرومغناطيسية (radiation).

(٢) تيار من الجسيمات المبتعدة من مصدر ذي نشاط إشعاعي (radiation).

(أنظر أيضاً «طيف كهرومغناطيسي»).

إشعاع الخلفية (١) إشعاع خفيض الشدة ينبعث من مواد مُشعة داخل الأرض وخوابها (background radiation).

(٢) إشعاع قضائي صغير الأمواج لعله من بقايا الانفجار العظيم (background radiation).

إشعاع دون الأحمر: نمط الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تَبْتِئُهُ الأجسام الساخنة (infrared radiation).

الإشعاعية، الفاعلية أو النشاط الإشعاعي: تفكك النوى في ذرات



أيضاً هذمي: أنظر «انتقاض».

أيون، شاردة: ذرة أو مجموعة ذرات فقدت أو اكتسبت إلكترونات واحداً أو أكثر لتصبح ذات شحنة كهربائية. (ion)  
 الأيونوسفير، الغلاف الجوي المتأين: القسم من الغلاف الجوي، على ارتفاع ٥٠ إلى ٤٠٠ كيلومتر عن سطح الأرض، الذي يعكس الأمواج الراديوية (اللاسلكية). (ionosphere)

## ب

باثوليت: فئة من الصخر الناري تضللت في كتلة جوفية ضخمة. (batholith)

بازلت: صخر بركاني زمادي داكن أو شتوني. (basalt)  
 بتروكيماوي، مُستحضر بتروكيماوي: مادة كيميائية تُحضّر من النفط أو من الغاز الطبيعي. (petrochemical)  
 بنوميني: أنظر «قبري».

برامجيات: البرامج التي يستخدمها الحاسوب. (software)  
 برج (فلكي): أنظر «كوكبة».  
 برخان: كتلة رملي هلالية مُعرّنة. (barchan)  
 برنامج: سلسلة من التعليمات المُشفّرة (المُرغزة) لتشغيل الحاسوب. (program)

بروتون، أولي: جسيم في نواة الذرة يحمل شحنة كهربائية موجبة (وهو يُولف النواة في ذرة الهيدروجين العادي). (proton)  
 بروتين: مادة غذائية يحتاجها الجسم للنمو والتصلب تُوجد في الأطعمة كاللحم واللحوم والحبوب والبقول (كالفاصولياء والفول واللوبيا). (protein)

البشرة، التعقيم: إحماء الطعام لقتل البكتريا أو الجراثيم (المُسببة للمرض) فيه. (pasteurization)  
 بشرة، أدمة خارجية: الطبقة الخارجية من الجلد. (epidermis)  
 بطارية، مزكم: سلسلة من خليتين كهربائيتين أو أكثر تُنتج وتخزن الكهرباء. (battery)

البقع الشمسية، كُلف الشمس: بقع على سطح الشمس أبرزها خوالها فتبدو أدكن منها حوالها. (sunspots)  
 بكتريا: أنظر «جراثيم».

بلازما (١) مصل الدم، الجزء السائل من الدم. (plasma)  
 (٢) غاز حام مشحون بالكهرباء، الإلكترونات فيه مُحررة من ذراتها. (plasma)  
 بلسار، نباض كوني: نجم كثيف. (pulsar)  
 بلورة: بنية مادية جامدة ذات شكل مُنظم. (crystal)  
 توصلة ذوارة: أنظر «خبروسكوب».

بوليمر: أنظر «مكثور».  
 البياض: مُغلّ ما يعكس جسم، بخاضة كوكبة أو قمراً، من نور الشمس. (albedo)  
 بين جليدي: فترة طقس دافئ نسبياً بين عشرين جليديين. (interglacial)

البيولوجية: أنظر «علم الحياة».  
 بيئة: المحيط أو الوسط الذي يتواجد فيه حيوان أو نبات. (environment)  
 البيئات، علم البيئة: دراسة العلاقات بين المتعضيات وبيئتها. (ecology)

## ت

تابع: أنظر «سائل».  
 التاريخ الإشعاعي: طريقة لتقدير عمر الأشياء بقياس نسبة النظائر المشعة التي اضمحلت فيها. (radioactive dating)  
 تآكسد: أنظر «أكسدة».

تألق: أنظر «فلورية».  
 التبخر، التبخر: تحول أو تحويل السائل إلى بخار بانفلات الجزيئات من سطحه. (evaporation)  
 تحاث: أنظر «حث».  
 تحريض: أنظر «حث».

تخل، تفكك، إنجلال:  
 (١) تحلل عضوي. (decomposition)  
 (٢) تفكك أو تفكك الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر. (decomposition)

التخلل أو التحليل الكهربائي: أنظر «كهولة».  
 تخلية: أنظر «إزالة الملوحة».  
 التحليل الكمي: لتحديد التركيب النسبي لمكونات المادة موضع الاختبار. (quantitative analysis)  
 التحليل الكهربائي: أنظر «كهولة».

التحليل النوعي: لإيجاد مكونات المادة أو المركب موضع الاختبار. (qualitative analysis)  
 تحول، استحالة: تغير أو تحول الشكل، مثلاً التحول من يشروع إلى خابرة في تطور الحشرات. (metamorphosis)

تحول مُفاجئ: أنظر «مفجرة».

تخلخل: مناطق على طول الموجة الطولية (كموجة الصوت) حيث ضغط الجزيئات وكثافتها خفيضان. (rarefaction) (قارن الانضغاط).

تخليق، توليف، تركيب اصطناعي: ابتناء جزيئات أكبر من جزيئات أصغر أو ذرات. (synthesis)

التخليق الضوئي، التمثيل الضوئي: الطريقة التي يصنع بها النبات الغذاء من الماء وثاني أكسيد الكربون باستخدام طاقة الشمس. (photosynthesis)

تخمر: أنظر «اختمار».

تخمير: أنظر «اختمار».

تداخل: تشوش الإشارات الناتج من تقابل موجتين أو أكثر. (interference)

تذبذب هالي: أنظر «ذوابة».

ترابط إسهامي: رابطة كيميائية تتم باشتراك الذرات في إلكترونات أكثر. (covalent bond)

تربين، قزيبنة، عذقة: مكنة تدور بمانع مُندب (عبر أرياشها) لتدير بذورها مؤلداً كهربائياً. (turbine)

ترجييع الصدى: أنظر «إصداء».

تردد، تواتر: عدد الموجات التي تعبر نقطة مُحددة في الثانية. (frequency)

تردد عال جداً: أمواج راديوية ترددها بين ٣٠ و ٣٠٠ ميغاهرتز (أطوالها من ١٠ أمتار إلى متر). (VHF)

تردد فوق العالي: أمواج راديوية ترددها بين ٣٠٠ و ٣٠٠٠ ميغاهرتز (أطوالها من متر إلى ١٠ سم). (UHF)

تركيب اصطناعي: أنظر «تخليق».

تركيز: قياس لقيمة المحلول أي كمية المذاب في كمية مُعينة من المذيب. (concentration)

التروپوبوز، منطقة الركود (السفل): الحد بين التروپوسفير (الغلاف الجوي السفلي) والستراتوسفير (الغلاف الجوي الطبقي) حيث الطبقة الحرارية ثابتة نوعاً. (tropopause)  
 التروپوسفير، الغلاف الجوي السفلي: طبقة الجو السفلي بين سطح الأرض والستراتوسفير (الغلاف الطبقي) حيث تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع: مُغلّ سمكها ١٢ كيلومتراً. (troposphere)  
 تسارع، عجلة: مقدار تغير السرعة في وحدة الزمن. (acceleration)

تساقط: ما يساقط من الجو مطراً أو ثلجاً أو برداً. (precipitation)

التسامي، التصعد، التصعيد: تحول المادة الجامدة من جامد إلى غاز مباشرة دون المرور بحالة السائلة. (sublimation)

تشابك عصبي: أنظر «مشبك».

تشبع، إشباع: حال المحلول عندما لا يمكن إذابة مزيد من المذاب فيه. (saturation)

تشعيع، تعريض للإشعاع: استخدام الإشعاع لحفظ الطعام. (irradiation)

تصحّر: تحول إلى صحاري (أو تكوّن الصحاري). (desertification)

تصريف: أنظر «تفريغ».

التصعد، التصعيد: أنظر «التسامي».

التصوير التجسيمي: طريقة لتصوير الشيء مُجسماً (ثلاثي الأبعاد) على سطح مُنسط باستخدام ضوء الليزر المشطور. (holography)

تصويل، نض: إستخلاص مادة ذوابة من مزيج بإمرار مذيب في ذلك المزيج. (leaching)

تضمين: إرسال الإشارة بتغيير خصائص الموجة الراديوية (أي الموجة الحاملة). (modulation)

تضمين التردد: إف إم: إرسال الإشارة بتغيير تردد الموجة الحاملة - كموجة راديوية مثلاً. (FM)

تضمين الذروة، تضمين السعة: نقل أو إرسال الإشارات بتغيير ذروة الموجة الحاملة. (AM)

تطهير: أنظر «تعقيم».

تطوّر - يتطوّر: يخضع لعملية التطوّر أو التطوير. (evolve)

التطوّر: العملية التطورية التي بها نشأت الحياة وتطوّرت بالتغيرات المختلفة. (evolution)

تطوّر مُتقارب: تطوّر معالم وميزات مُتمائلة في أنواع مختلفة بسبب تعرضها لظروف بيئية مُتأيلة. (convergent evolution)

تعاذل - يتعاذل: أنظر «عادل».

تعاذل: أنظر «توازن».

تعاقب، توال: عملية التحول من نظام بيئي إلى آخر، مثلاً من مراعي عشبية إلى غابات. (succession)

تعريض للإشعاع: أنظر «تشعيع».

تعظم - يتعظم: يتحول إلى عظم. (ossify)

تعقيم، تطهير: جعل الشيء خالياً من الجراثيم (البكتريا). (sterilization)

تغير اللون بالضوء: أنظر «تغير اللون بالضوء».

تفاعل (كيميائي): تغير يُبدل خصائص المادة الكيميائية أو يُنتج مادة جديدة. (reaction)

تفاعل ماص للحرارة: تفاعل كيميائي تمتص الحرارة خلاله من الوسط المحيط. (endothermic reaction)

تفاعل مُتسلسل: تفاعل يستمر تلقائياً - كالتفاعل النووي الانشطاري الذي يُنتج نيوترونات تُسبب بدورها انشطار ذرات أخرى. (chain reaction)

تفاعل نووي: تفاعل يحصل في نواة الذرة. (nuclear reaction)

تفاعلية، مُفاعلية: قدرة المادة على الدخول في تفاعل كيميائي. (reactivity)

التفجّي، التفكك: توسع الشقوق في الصخر بفعل الهواء المُضغوط. (cavitation)

تفريغ، تصريف: تسريع (إطلاق) الطاقة المُخزنة أو تحويلها. (discharge)

تفكك - يتفكك: أنظر «إحل».

تفكك: أنظر تحلل.

تقلوّر: أنظر «فلورية».

تقطير: عملية يُغل فيها السائل ويُكثف بخاره، يُستخدم التقطير لفصل السوائل المُتباينة درجة الغليان أو لِنقية السائل نفسه. (distillation)

التكاثر الجنسي: التوالد الذي يُتطوي على اتحاد مُتبيج (عُرس) ذكري وآخر أنثي. (sexual reproduction)

تكاثر لاجنسي: تكاثر بقرى واحد فقط (شائع في النبات والحيوانات الدنيا). (asexual reproduction)

تكاثف، تكثف: تحول الغاز أو البخار إلى سائل. (condensation)

تكافؤ: عدد الروابط الكيميائية التي تستطيع الذرة إجراؤها مع ذرة أخرى. (valency)

التكتونيات اللوحية: دراسة الإشترايف القاري وامتداد قيعان البحار. (plate tectonics)

تكثف: أنظر «تكاثف».

التكسير: عملية قلع الجزيئات (النفطية) الكبيرة إلى آخر أصغر بالأحماض تحت الضغط. (cracking)

التكثف: أنظر «التفجّي».

تكثف: أنظر «تھاڙو».

تلاصق: أنظر «التصاق».

تلوث: مواد تُوسخ أو تُسقم الهواء أو الماء أو التربة والبيئة - كالتلوثات الكيميائية من المصانع مثلاً. (pollution)

تماسك: جاذبية التماسك بين جسيمات المادة نفسها. (cohesion)

التمثيل الضوئي: أنظر «التخليق الضوئي».

ت م ح: تصميم شعار حاسوبي. (CAD)

تقويه: اللون والعلامات والشكل الذي يُساعد الحيوان أو النبات على الإستتار في بيئته. (camouflage)

التناسل العذري: التوالد أو التكاثر بدون شراؤج. (parthenogenesis)

تناضح، إنتشار أرموسي: انتقال الماء عبر غشاء نصف مُنفذ من محلول خفيض التركيز إلى آخر عالي التركيز. (osmosis)

التنجيم: مُبحث تأثير حركات النجوم والكواكب في حياة الإنسان. (astrology)

التنفس: عملية تأخذ بها الكائنات الحية الأكسجين وتستهلكه لإنتاج الطاقة وتحليله مُنتجة ثاني أكسيد الكربون وطاقة. (respiration)

التنفس الحيواني: نوع من التنفس يتطلب وجود الأكسجين. (aerobic respiration)

تنفس لاهوائي، تنفس لاهوائي: نوع من التنفس لا يتطلب تواجد الأكسجين، وهو يُنتج طاقة أقل من التنفس الحيواني. (anaerobic respiration)

تھاڙو، تكثف: نضط التغيرات التي تطرأ على النبات أو الحيوان على مدى أجيال عديدة ليصبح أفضل مواءمة للعيش في بيئة مُعينة. (adaptation)

تواتر: أنظر «تردد».

توازن، إتران، تعادل: حالة التوازن فيزيائياً أو كيميائياً. (equilibrium)

توال: أنظر «تعاقب».

التوالد الجنسي: أنظر «التكاثر الجنسي».

التوتر السطحي: ظاهرة يبدو بها سطح السائل وكأنه ذو غشاء مرن؛ وسبب ذلك قوى التماسك بين الجزيئات السطحية. (surface tension)

توصيل، نقل: انتقال الحرارة أو الكهرباء عبر المادة. (conduction)

توليف: أنظر «تخليق».

تيار حراري صاعد: تيار هواء ساخن صاعد في الجو. (thermal)

تيار كهربائي: سريان الإلكترونات أو الأيونات. (electric current)

تيار مُتردد: أنظر «تيار مُتناوب».

تيار مُتناوب: تيار كهربائي يتغير اتجاهه بانتظام على تردد مُحدّد. (alternating current)

تيار مُستقيم: تيار كهربائي يسري في اتجاه واحد فقط. (direct current)

(قارن «تيار مُتناوب»).



تتأثر ثقافات: تتأثر هوائي قوي يدور حول الأرض (بموازاة خطوط تساوي الضغط) على ارتفاع قرابة 6 كيلومترات من سطحها. (jet stream)

تيفون: إعصار مداري في المحيط الهادي. (typhoon)

## ث

الثابت الشمسي: كمية الطاقة الحرارية من الشمس الساقطة على مساحة معينة من سطح الأرض (حوالي ١.٣٤ جول/سم<sup>2</sup> في الثانية - خارج الجو). (solar constant)

ثالث فسفات الأدينوسين: مركب كيميائي يختزن الطاقة في خلايا النباتات والحيوانات. (ATP)

ثاني فسفات الأدينوسين: مركب ينتج عندما يُطلق ثالث فسفات الأدينوسين طاقة. (ADP)

ثيرمستور، مقاوم حراري: مقاوم كهربائي تتغير مقاومته بتغير درجة الحرارة. (thermistor)

ثيرموسفير، الغلاف الحراري: القسم من جو الأرض بين الميوسفير (الغلاف المتوسط) والإكسوسفير (الغلاف الخارجي). (thermosphere)

ثغرة، فتحة: فتحة دقيقة في ورقة أو ساق النبات يعبر منها بخار الماء والغازات. (stoma)

ثقب أسود: جرم عالي الكثافة جداً في الفضاء - جاذبيته من الشدة بحيث يجذب أي شيء حوله حتى الضوء - لذا يبدو أسود. (black hole)

ثقل: أنظر «وزن».

## ج

جاذبية (١) قوة التجاذب بين كتلتين. (gravity)

(٢) جاذبية الأرض التي تشد إليها كل الأجسام فتسحبها ثقالة أو وزن. (gravity)

جبهة: مقدمة كتلة قائمة بين الهواء البارد أو الساخن. (front)

جبنلة الخضور: إحدى جسيمات دقيقة في خلايا النباتات الخضراء تحوي اليخضور (الكلوروفيل). (chloroplast)

الجدول الدوري (للعناصر): جدول بجميع العناصر مرتبة حسب أعدادها الذرية. (periodic table)

جرثوم: كُتْمِي مجهري أحادي الخلية. وهو واحد الجراثيم أو البكتيريا. («bacterium» pl. «bacteria»)

جرس، طابع الصوت: نوعية الصوت الموسيقي. (timbre)

جرم سماوي، جرم فلكي: جسم طبيعي في الفضاء كالنجم أو الكوكب. (celestial body)

جزيء: أصغر وحدة من عنصر أو مركب تتواجد مستقلة، ويتألف الجزيء من ذرتين على الأقل. (molecule)

جزيء غرامي: أنظر «قوة».

جسم مضاد، ضد: بروتين في الدم يقي الجسم بمكافحة الأجسام الغريبة كالبكتيريا والفيروسات. (antibody)

جسيم: دقيقة (أو جسيمة صغيرة جداً) من المادة. (particle)

جسيم دون الذري: جسيم أصغر من الذرة، كالبروتون أو النيوترون مثلاً. (subatomic particle)

جسيم ريبي: أنظر «رياسة».

جفاف، قحط: انجفاف المطر لفترة طويلة. (drought)

جفف - يجفف، يُجفف: يجفف مادة تماماً بترج الماء منها. (dessicate)

جليد أسود، جليد صلب رقيق شفاف - بخاضة على سطح طريق. (black ice)

جماعة، مجموعة (بيئية): جماعة من الناس أو الحيوانات تعيش في الموقع نفسه. (community)

الجملة اللمفية: شبكة من الأنايبب والأعضاء الصغيرة تحمل سائل اللمف من خلايا الجسم إلى مجرى الدم. (lymphatic system)

جهاز ترشح: أنظر «مرشح».

جهد، مجهود: قوة تبدل أو تسلم لتحريك ثقل. (effort)

جو: طبقة الغازات المحيطة بكوكب. (atmosphere)

جول: وحدة طاقة (= واط ثانية). (joule)

جيروسكوب، بوصلة دوارة: دولاب سريخ الدوران يظل بحوزة يشير إلى الاتجاه نفسه ما دام دوّاراً. تستخدم البوصلة الجيروسكوبية في جلاحة السفن والطائرات. (gyroscope)

جينة، مورثة: جزء من الكروموسوم (الصبغي) يتحكم في صفة معينة من صفات الفرد. (gene)

الجيومورفولوجية: دراسة شكل الأرض وتضاريسها وتطورها. (geomorphology)

## ح

حائث: أنظر «قرون».

حال أو مُفكك عضوي: مُتعضّ دقيق كالبكتيريا يُفكك المادة الميتة. (decomposer)

حامض، حمض: مركب يحوي الهيدروجين يتخلل في الماء ليُغطي أيونات الهيدروجين. (acid)

الحامض النووي الريبي المنقوص الأكسجين: أنظر «د ن أ».

حاث، تحاث: تآكل سطح الأرض وتفتته نتيجة لتأثيرات الطقس والماء والجليد. (erosion)

حاث (طبيعي): إندجات السطح بفعل الصخور المحمولة في الجليد أو الماء. (corrasion)

حاث (كيميائي)، إتكال: إتكال سطح الفلز كيميائياً. (corrosion)

حاث، تحريض: توليد تيار كهربائي بجال مغنطيسي متغير. (induction)

حجم: مقدار الحيز الذي تشغله المادة أو الجسم. (volume)

الحرارة الكامنة: الحرارة اللازمة لتحويل الجليد إلى سائل أو السائل إلى غاز دون تغيير في درجة الحرارة. (latent heat)

الحركة البراونية، تحاشان: الحركة العشوائية للجسيمات الدقيقة في سائل أو غاز بسبب تصادم الجزيئات بعضها مع بعض. (Brownian movement)

خافز: مادة كيميائية تُسرّع التفاعل الكيميائي بواسطة دون أن يطرأ عليها تغير في نهاية التفاعل - فهي عامل مساعد فقط. (catalyst)

خفريّة: أنظر «أحفورة».

خلول حيويّ: أنظر «دروك حيوي».

خمة (ج. خمات): أنظر «فيروس».

خفري: أنظر «قيري».

خفض: أنظر «حامض».

الخحل (الحراري): انتقال الحرارة في مائع بواسطة التيارات داخل المائع. (convection)

الحمل الأجر: المغاث (مثلاً سائل فضائي) التي تحملها الغربة الفضائية إلى الفضاء. (payload)

خف عالمي: تسخن جو الأرض بتأثير ظاهرة الدفيئات. (global warming)

خويصلة خيطية، كيسة خيطية: خلية لاصقة ينطلق منها خيط ملتصق طويل كما في شقيق البحر. (nematocyst)

خويصلة رئوية: إحدى الكيسات الهوائية الدقيقة الكثيرة العدد في الرئة. («alveolus» pl. «alveoli»)

خيد - يُخيد: أنظر «عادل».

خيمين: أنظر «فيتامين».

حيوان فقاري: أنظر «فقاري».

حيوان ليلى النشاط: أنظر «ليلي».

خمود: أنظر «انحراج».

خيوم: نظام بيئي كبير - مثلاً غابة مدارية أو صحراء. (biome)

حيوي التولد: تتجّه المتعضيات. (biogenic)

خنيّ مجهري: أنظر «متعضّ صغير».

## خ

الخاصة الشعرية: أنظر «شعرية».

خام، ركاز: صخر طبيعي يُمكن استخراج فلزات منه. (ore)

الخرائطيات: علم رسم الخرائط. (cartography)

خزج، مخزج: المعلومات المحصلة من الحاسوب. (output)

الخزفيات: أشياء مصنوعة من الطين أو الصيني وشعوية في أثون. (ceramics)

خسوف أو خسوف: خجب جرم فلكي بظل جرم آخر. (eclipse)

(أنظر «خسوف القمر» و «خسوف الشمس».)

خسوف القمر: دخول القمر في ظل الأرض فلا يرى. (lunar eclipse)

خشب: أنظر «سبيج خشبي».

خشبين: أنظر «لجنين».

خضاب، خضاب: مادة تُكسب المواد لوناً ولكنها بخلاف الصبغ لا تذوب فيها. (pigment)

خط الاستواء: خط وهمي حول وسط الأرض بين القطبين الشمالي والجنوبي على بُعد متساوٍ من كليهما. (Equator)

خط تساوي الرّجفة (أو الزلزلة): خط على خريطة يوصل المواقع التي تساوّت (أو تتساوّى) فيها رجفة أو شدة الزلزال. (isoseism)

خط تساوي الضغط: أنظر «إيسوبار».

خط الطول، قوس الطول: قياس المسافة حول الأرض بالدرجات. خطوط الطول هي خطوط (أقواس) وهمية ترسم على سطح الأرض بين القطبين. الخط المار بجرينتش يُعدّه (ودرجة) صفر. (longitude)

خط العرض، عرض (جغرافي): قياس البعد عن خط الاستواء (٩٠° للقطبين وصفر لخط الاستواء). خطوط العرض هي خطوط وهمية ترسم حول الأرض موازية لخط الاستواء. (latitude)

خطوط فراونهور: خطوط سوداء في الطيف الشمسي سبب امتصاص عناصر في غازات الشمس لأطوال موجية معينة من الضوء. (Fraunhofer lines)

خلوط: أنظر «مزوج».

خلية (١) أصغر وحدة في المتعضي ذات كيان حيوي قائم بذاته. (cell)

(٢) بسيطة فطائية تنتج الكهرباء بالتغيرات الكيميائية. (cell)

خلية بدائية النواة: خلية لا نواة (متميزة) فيها. (prokaryotic cell)

خلية ثنائية الصيغيات: أنظر «خلية صيغانية».

خلية جنسية: أنظر «مسيج».

خلية حقيقية النواة: خلية ذات نواة. (eukaryotic cell) (قارن «خلية بدائية النواة».)

خلية صيغانية: خلية ذات مجموعتين كاملتين من الصيغيات (الكروموسومات). (diploid cell)

خلية فردانية (الصيغيات): خلية ذات مجموعة أحادية (فردية) من الكروموسومات (الصيغيات). (haploid cell)

خلية فطائية: أنظر «خلية (٢)».

خلية (كهر) ضوئية: تبيلة إلكترونية تولد الكهرباء عند سقوط ضوء عليها (كما الحاسبة التي تعمل بالقوة الشمسية). (photocell)

خلية ليفية: أنظر «ليفية».

خليون: أنظر «سيلولوز».

خواء: أنظر «فراغ».

خوط، خيط فطري: أحد الخيوط الدقيقة التي تؤلف الجسم الرئيسي للفطر. (hypha)

الخيمياء: علم الكيمياء القديمة الذي استهدف بشكل خاص تحويل المعادن الرخيصة كالرصاص إلى ذهب. (alchemy)

## د

دار - يدور (في مدار): أنظر «مدار».

دارة، دائرة كهربائية: مسار يُمكن أن يدور فيه تيار كهربائي. (circuit)

دارة متكاملة أو فكتلة: دائرة كهربائية دقيقة تتألف من مقومات تُثبت في رقاقة سليكونية. (integrated circuit)

داري (١) مخلول مقاوم للتغيرات في الأس الهيدروجيني. (buffer)

(٢) دائرة كهربائية تستخدم لوصف دارتين أحزتين. (buffer)

دائرة البروج، منطقة البروج: الكوكبات (أو البروج) الإثنا عشرة التي ترقى في السماء. (Zodiac)

دائرة كهربائية: أنظر «دائرة».

دايود، صمام ثنائي: تبيلة إلكترونية، في جهاز، تسمح بمرور الكهرباء في اتجاه واحد فقط. (diode)

الدثار: طبقة خفيفة صخرية كثيفة تحت القشرة الأرضية. (mantle)

دخل، مُدخل: المعلومات التي يُغذى بها الحاسوب. (input)

وَيُطلق أيضاً على الدخل في أي آلة.

درجة الحرارة: مقياس لسخونة الشيء أو برودته النسبية. (temperature)

درجة الغليان: أنظر «نقطة الغليان».

درجة النخم، طبقة الصوت: خاصية الصوت التي تجعله عالي الجدة أو خفيضها. (pitch)

دروك حيوي: صفة للمادة التي تتحلل تُصبح عديمة الأذى طبيعياً. (biodegradable)

دفع رافع، دفع غلوي: قوة دفع المائع إلى أعلى على جسم مغمر فيه (كثبات أو جرياً). (upthrust)

دفع نافوري: أنظر «دفع ثقاة».

دفع ثقاة: دفع الكتلة إلى الأمام بانفراج تيار مائع إلى الخلف. (jet propulsion)

دليل الإنكسار: أنظر «معامل الانكسار».

دليل (كيميائي): أنظر «كاشف».

د ن أ، الحامض النووي الريبي المنقوص الأكسجين: المادة الكيميائية التي تؤلف الصيغيات وتوجد في جميع الخلايا. باستطاعة د ن أ مضاعفة نفسه ليُنقل المعلومات الوراثية (الجينية) من الوالد إلى الولد. (DNA)

دينامو (دينامو)، مولد (كهربائي): مولد يُنتج تياراً (كهربائياً) مُستغراً. (dynamo)

دواء تمويهي: أنظر «مغل».

دورة الكربون: دورة الكربون (الموجود في ثاني أكسيد الكربون) من الجو إلى النباتات (شحبساً في الكربوهيدرات بالتخليق الضوئي) إلى الحيوانات (التي تأكل النباتات) ثم إلى الجو (بالتنفس والاحتلال). (carbon cycle)

نوي جدار الصوت، فرقة صوتية: نوي اختراق جدار الصوت تحوّه الأمواج الصوتية المنبعثة من جسم تتجاوز سرعة الصوت. (sonic boom)



ريوستات، مقاومة متغيرة، ناظم التيار: مقاوم يمكن تغيير مقاومته. (rheostat)

## ز

**زاوية الانعكاس:** الزاوية التي يكونها الشعاع المنعكس مع الخط العمودي على السطح العاكس. (angle of reflection)  
**زاوية السقوط:** الزاوية التي يكونها شعاع الضوء مع الخط العمودي على السطح الساقط عليه. (angle of incidence)  
**زاوية الورود:** أنظر «زاوية السقوط».

**زخم:** أنظر «كمية التحرك».

**زهر:** أنظر «إسويد».

**زهر:** أنظر «سطوع».

**زوبعة، ريح دوامية:** عموماً موائى مدور بسرعة يتحرك فوق اليابسة أو الماء. (whirlwind) (أنظر «إعصار»).

**زوج (ج. زوجن)، شاهد ضحري:** كتلة صخرية متعلقة بالحد الرحي على أسفلها الأقل صلابة. («pl. zeugen»)  
**زيوليت:** مركب طبيعي أو صناعي من سيليكات الألومنيوم المائية والمعادن القلوية يستخدم كمادة حفلة أو كمرشح جزيئات في عملية تيسير الماء العسر مثلاً. (zeolite)

## س

**سابر فضائي:** مركبة فضائية غير مأهولة ترسل من الأرض لتقصي النظام الشمسي. (space probe)

**سائل، تابع، قمر:** جرم يدور حول كوكب شتار. هناك ثوابع أو أقمار طبيعية (كالقمر مثلاً) وسوائل أو أقمار صناعية (كالسفن الفضائية التي توضع في مدارات حول الأرض لتعكس الإشارات الراديوية). (satellite)

**ساقلي:** أنظر «هيدروني».

**سبات شتوي، كسوف شتوي:** نوم عميق أو فترة توقف الأنشطة الحركية وتبطؤ الأنشطة الحيوية - تنم بها بعض الحيوانات لتجاوز فصل الشتاء. (hibernation)

**سبات صيفي:** نوم عميق أو توقف عن الحركة شاملاً شارب بعض الحيوانات صيفاً - عند اشتداد الحر والجفاف. (aestivation)

**سبيكة:** أنظر «أشابة».

**سبيكة لحام:** أنظر «لحام».

**ستراتوبوز، الفاصل الطبقي:** الخط بين الستراتوسفير (الغلاف الطبقي) والليوسفير (الغلاف المتوسط). (stratopause)

**الستراتوسفير، الغلاف (الجوي) الطبقي:** القسم من الغلاف الجوي بين التروپوسفير (الغلاف السفلي) والليوسفير (الغلاف المتوسط). (stratosphere)

**سديم، غيمة سديمية:** سحابة من الغاز والغاز في الفضاء. (nebula)

**سراب:** خداع بصري سببه انحناء الضوء عبر طبقات الهواء المتباينة الكثافة. (mirage)

**سرعة (اتجاهية):** السرعة في اتجاه معين. (velocity)

**سرعة الإفلات:** السرعة الدنيا التي يجب أن يبلغها الصاروخ الفضائي ليقلع من جاذبية الأرض (= 11.2 كيلومتر في الثانية).

(escape velocity)

**سطح انسياب رافع:** شكل خاص لجناح الطائرة - سطحه العلوي أكثر تقوساً من السطح السفلي، يحدث وفقاً لخلل تحريكه في الهواء. (aerofoil)

**سطح الشمس النير، فوتوسفير:** سطح الشمس المنظور الذي ينطلق منه كل نورها تقريباً. (photosphere)

**سطح هلاي:** أنظر «هالة».

**سطوع، قدرة ضيائية، زهر:** كمية الضوء المنبعث من جسم، كنجم مثلاً. (luminosity)

**سعة، ذروة:** سعة التذبذب أو ارتفاع الموجة - كموجة صوتية مثلاً. (amplitude)

**سعة المكثف:** أنظر «مواصلة».

**شعر:** أنظر «كالوري».

**شكر اللبن:** أنظر «لكتوز».

**الشحريات:** مجموعة من الكربوهيدرات الذوابة الحلوة المذاق. (sugars)

**سلسلة غذائية:** سلسلة من المتعضيات يغذي واحد بالذي يليه. (food chain)

**السليكا:** ثاني أكسيد السليكون - مركب أبيض أو عديم اللون يتواجد طبيعياً. من أنواعه المرو (الكوارتز). (silica)

**سيلولوز، خليون:** كربوهيدرات يكون جدران الخلايا النباتية. (cellulose)

**السّمعات:** إنتقال الصوت داخل قاعة أو حجرة. (acoustics)

**سنة ضوئية:** مسافة ما يقطعه الضوء في سنة، ويقدرها 9.5 مليون مليون كيلومتر. (light year)

**سنب:** حثيث السن وأصله. (alveolus) ويطلق على الحويصلة الرئوية أيضاً.

**سونار:** «ملاحة وسبر صوتي» - وسيلة لاكتشاف الأجسام والملاحة تحت الماء بإرسال الأمواج الصوتية وتلقي أصدائها. (sonar)

**سويداء البزرة:** أنظر «إندوسبيرم».

**سويداء الفل:** أنظر «ظل».

**سيال:** الطبقة السطحية من القشرة الأرضية الغنية بالسليكا والألومنيوم. (sial)

**سيتوبلازم:** أنظر «هيوولي الخلوية».

**سيرن:** مركز الأبحاث للمنظمة الأوروبية للأبحاث النووية في جنيف. (CERN)

**سيزمومتر، مرجاف:** تبيطة تسجل الاهتزازات الأرضية، كذلك الناتجة عن الزلازل. (seismometer)

**سيما:** الطبقة السفلى من الغلاف الصخري الغنية بالسليكا والمغنيسيوم. (sima)

## ش

**شاردة:** أنظر «أيون».

**شاردة سالبة:** أنظر «إنيون».

**شاردة موجبة:** أنظر «كاتيون».

**شاهد ضحري:** أنظر «زوج».

**شبكة غذائية:** منظومة السلاسل الغذائية في نظام بيئي. (food web)

**شبه الفل:** ظليل (ظل جزئي)، بخاضة حول ظل القمر (أو الأرض) عند الكسوف (أو الخسوف). (penumbra)

**شبه موصل:** مادة مقاومتها وسط بين الموصل والعازل. (semiconductor)

**الشبكة الهيولية الباطنة:** منظومة من الأغشية في خلية نكري فوقها التفاعلات الكيميائية. (endoplasmic reticulum)

**شرم:** أنظر «رياح».

**شريان:** وعاء دموي يحمل الدم من القلب إلى أجزاء أخرى من الجسم. (artery)

**شعرية، الخاصة الشعرية:** حركة السائل صعوداً أو نزولاً في أنبوب بفعل التجاذب بين جزيئاته وجزيئات الأنبوب. (capillary action)

أو «capillarity»

**شعيري، وعاء شعري:** وعاء دموي دقيق يحمل الدم من الخلايا إليها. (capillary)

**شف، شفاف:** شبه شفاف يسمح لبعض الضوء بالمرور، لكن لا تَرى الأشياء خلفه عذره. (translucent)

**شفاف:** يسمح بمرور كل الضوء تقريباً بحيث تَرى الأشياء عذره بوضوح. (transparent)

**شكل تاضلي أو متاضل:** أشكال متباينة للعنصر نفسه - مثل الألماس والغرافيت كشكالي متماثلة للكربون. (allotrope)

**شهاب:** أنظر «مذنب».

**شواظ (شمسي):** كتلة من الغاز المتوهج المنطلق من الشمس بعيداً في الفضاء. (prominence)

## ص

**صاعدة (كهربية):** أنظر «إنيون».

**صباغ:** أنظر «صبغ».

**صبة، قالب قصبوب:** تجويف صخري تشكل حول حيوان أو نبات ثم تجتمعت فيه المعادن وتصلبت بعد تحله مكونة أحقورة. (cast)

**صبغ، صباغ، صبغة:** مادة تلون بها المواد. (dye)

**صبغ مرسخي:** صبغ يحتاج إلى مرسخ لتثبيت. (mordant dye)

**صبغة:** أنظر «صبغ».

**صبغي:** أنظر «كروموسوم».

**صخر مكافئي المقطع:** طبق تشكل بحيث يجمع الأمواج الصوتية أو الكهرومغناطيسية ويتركزها. (parabolic dish)

**صخر إنديسائي:** أنظر «لاكوليت».

**صخر بُركاني:** أنظر «صخر ناري».

**صخر تحولي (أو متحول):** صخر تحول في باطن الأرض بفعل الحرارة والضغط الشديدين. (metamorphic rock)

**صخر ناري، صخر بُركاني:** صخر تكون بمرور الشهارة وتجمدها. (igneous rock)

**صخور رسوبية:** صخور تتكون بترسب فتات من المادة إلى قاع البحر، أو البحيرة، مؤلفة طبقات تتجمع معاً على مدى الزمن. (sedimentary rocks)

**صدى:** الصوت يُسمع ثانية بانعكاس موجاته عن جسم صلب. (echo)

**صدع:** تصدع أو قلع في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

**الصفر المطلق:** درجة الصفر المطلق هي أدنى درجة حرارة ممكنة = صفر كلفن أو -273.15°س. (absolute zero)

**صفق - نصفق:** يفصل مَرِجاً من جانب وسائل يترك الجاييد يترسب

**ذاتي الإغذاء:** نبات يقوم بصنع غذائه بنفسه في عملية التخليق الضوئي. (autotrophic)

**ذاكرة قراءة فقط:** أنظر «رَم».

**ذاكرة الوصول العشوائي:** رقائق ذاكرة الحاسوب حيث تُخزن المعلومات وتُستعاد - لكن هذه المعلومات تُفقد عند قفل الحاسوب. (RAM)

**الذائب:** أنظر «المذاب».

**ذنبية:** أنظر «إمتراز».

**ذرة:** أصغر جزء من العنصر يدي خصائص ذلك العنصر. تتألف الذرة من نواة، تضم بروتونات ونيوترونات، ويحيط بها إلكترونات مذبذبة. (atom)

**ذرة:** أنظر «شعة».

**ذو فلقين:** نبات زهرى من ذوات الفلقين. (dicotyledon)

**ذوابة، تنذّب هالي:** سحابة من الغاز والغبار تحيط بمركز المذنب. (coma)

**ذوبانية، ذوبية:** قدرة المذاب (المادة المذابة) على الذوبان. (solubility)

## ر

**رابطة:** التجاذب بين الذرات أو الأيونات الذي يحدّها معاً في بؤرة أو جزيء. (bond)

**رابطة أيونية:** ترابط كيميائي يتم بانتقال إلكترون أو أكثر من ذرة إلى أخرى مما ينتج عنه تكون أيونين متضادين الشحنة يجذب واحدما الآخر. (ionic bond)

**رابطة فلزية:** ترابط بين ذرتي فلزيين، فتدور إلكترونات الفلز بحرية حول الذرتين. (metallic bond)

**رابطة كيميائية:** أنظر «رابطة».

**رادار:** الكشف وتحديد المدى الراديوي - وسيلة لاكتشاف الأشياء البعيدة بإرسال أمواج راديوية والتقاط أصدائها. (radar)

**راسب، رسابة:** جسيمات جامدة دقيقة في سائل (نتيجة لتفاعل كيميائي) تتخلف في القاع. (precipitate)

**رائد فضاء:** شخص ذُرب كخادم أفراد طاقم سفينة فضائية. (astronaut)

**رباط:** رباط قصير من نسيج غرون (قابل للتمدد) يشد العظام والمفاصل معاً. (ligament)

**زجم، حجر نيزكي:** قطعة من الصخر أو المعدن الفلزي تدخل جو الأرض وتبلغها دون أن تحترق بالكامل. (meteorite)

**زحلان كهربائي:** أنظر «إشراق كهربائي».

**زحيق، مغفر:** سائل خلط يوجد في أزهار بعض النباتات. (nectar)

**زُد فعل:** قوة تساوي أخرى في المقدار وتضادها في الاتجاه. لكل فعل زُد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه. (reaction)

**رسابة:** أنظر «راسب».

**رطوبة:** كمية بخار الماء في الهواء. (humidity)

**الرغاسي، القصبة الهوائية:** الأنبوب الرئيسي الذي يحمل الهواء إلى (ويمن) الرئتين. (trachea)

**رفع:** قوة دفع من أسفل إلى أعلى تنتج من فرق سرعة الهواء وضغطه على سطحي الجناحين العلوي والسفلي في الطائرة. (lift)

**الرقم الهيدروجيني:** أنظر «الأس الهيدروجيني».

**رقمي:** تمثيل كمية بإشارات كهربائية تشير إلى أحد وضعين: قفل أو فتح. (digital) (قارن «نظير»).

**ركاب:** أنظر «خام».

**ركام المالح:** صخور وانقاص تخلقها المالح. (moraine)

**رَم، ذاكرة قراءة فقط:** ذاكرة حاسوبية تختزن المعلومات الدائمة، بحيث يمكن استعادتها ولا يمكن تغييرها. (ROM)

**رقام، كائن رقام:** متعض، كالفطر أو البكتريا، يعيش على المادة الميتة أو المتحللة المتفسخة. (saprophyte)

**رنين:** إنساع ذبذبات الجسم المهتز عندما تتوافق اهتزازاته مع تردده الطبيعي. (resonance)

**روبوت:** مكنة حاسوبية التحكم تعمل تلقائياً. (robot)

**ريا، شرم:** خليج ضيق ينتج من قيضان أو انفجار وادي النهر. (ria)

**الرياح التجارية:** رياح تهب بانتظام نحو خط الاستواء من الشمال الشرقي والجنوب الشرقي. (trade winds)

**الرياح الشرقية:** رياح رئيسية تهب من الشرق. (Easterlies)

**الرياح الغربية:** رياح رئيسية تهب من الغرب. (Westerlies)

**ربيباسة، جسيم ربيبي:** أجسام كروية دقيقة في هيوولي (سيتوبلازم) الخلايا تصنع فيها البروتينات. (ribosome)

**ريخ دوامية:** أنظر «زوبعة».

**ريخ موسمي:** ريخ قوية يتغير اتجاهها موسميًا، تحيل معها عوازل غزيرة من البحر إلى مناطق كالهند وبنغلاديش. (monsoon)



بالترتيب ثم يُصب السائلُ الرائق. (decant)

**صفحة، لويحة (دموية):** قرصة في الدم غير منتظمة الشكل تُطلق غواث كيميائية لتُخثر الدم. (platelet)

**صمام ثنائي:** أنظر «دايود».

**صمام ثنائي باعث للضوء، دايود ضوئي:** صمام ثنائي يبعث الضوء عند مرور تيار كهربائي فيه.

(«LED» light-emitting diode)

**ضهرة:** صخرٌ مظهرٌ سائلي في دثار الأرض وقشرها يبرء ليكون صخرًا ناريًا. (magma)

**صهيرة، بصهر:** نبيطة أمان تُستخدم في الدارات الكهربائية - وهي عبارة عن سلك زغيع ينصهر (فيقطع الدارة) إذا تجاوز التيار حدًا مُعَيَّنًا. (fuse)

**صوت فوق الشمعي:** صوت ذو تردد فوق ما تستطيع الأذن البشرية سميته. (ultrasound)

**الصوتيات:** مبحث ودراسة الصوت. (acoustics)

**صورة تقديرية:** صورة تتكون حيث يبدو أن الأشعة الصوتية تتلاقى (في بؤرة تقديرية)، كالصورة المنعكسة في المرآة.

(virtual image) (قارن «صورة حقيقية».)

**صورة حقيقية:** صورة تتكون في بؤرة تلاقى الأشعة الصوتية فعلاً (ولا يُمكن عرضها على شاشة). (real image) (قارن «صورة تقديرية».)

**صورة صغيرة، صورة مجهرية:** صورة أخذت بالمجهر. (micrograph)

**صورة بالمجهر الإلكتروني:** صورة شديدة جِدًا لجسم بالمجهر الإلكتروني. (electromicrograph)

**صيغة:** مجموعة رموز كيميائية تُبين تركيب المادة الكيميائية. (formula)

## ض

**ضاري:** أنظر «مفترس».

**ضباب تافقي:** نوع من الضباب الأفقي الانتقال يتكون عند مرور جبهة من الهواء الدافئ الرطب فوق سطح أبرد. (advection fog)

**ضخان:** مزيج سام من الدخان والضباب. (smog)

**ضد:** أنظر «جسم مضاد».

**ضديد الإعصار:** منطقة ضغط مرتفع تؤدي غالبًا إلى طقس جيد. (anticyclone)

**ضغط:** مقدار القوة المؤثرة على وحدة المساحة. (pressure)

## ط

**طابع الصوت:** أنظر «جرس».

**طاقة:** القدرة على إحداث شغل.

**طاقة التنشيط:** الطاقة اللازمة لبدء تفاعل كيميائي؛ وهي تختلف للتفاعلات المختلفة. (activation energy)

**طاقة جيوتيرمية، طاقة الحرارة الأرضية:** طاقة تُستخرج لتوليد القدرة من حرارة الصخور في باطن الأرض. (geothermal energy)

**طاقة الحرارة الأرضية:** أنظر «طاقة جيوتيرمية».

**طاقة الحركة:** طاقة الجسم الناجمة عن حركته. (kinetic energy)

**طاقة كامنة:** طاقة مُخزَّنة للاستخدام في وقت لاحق.

(potential energy)

**طاقة الوضع:** الطاقة المخزنة التي يمتلكها الجسم بفضل موضعه أو حالته. (potential energy)

**طبق السواتل:** هوائي طيقي الشكل يتلقى الإشارات التي تبثها السواتل. (satellite dish)

**طبقة الصوت:** أنظر «درجة النغم».

**الطحالب:** نباتات بسيطة لا زهرية تنمو في البرك ومناقع المياه - كلها بخصوبة لا سوق ولا جذور حقيقية لها. (algae)

**طرف توصيل، مطارف:** نقطة توصيل في إحدى مقومات الدارة الكهربائية. (terminal)

**طفافة:** أنظر «الكليل».

**طفرة، تحوّل مفاجئ:** تغير عشوائي (يحدث اتفاقًا) في صيغيات (كروموسومات) الخلية. (mutation)

**طفيلي:** متعضّ يعيش على متعضّ آخر (يسمى العائل) يُتلف أو يقضي عليه. (parasite)

**الطلاء الكهربائي:** تغطية جسم فلزي بطبقة رقيقة من فلز آخر بالكهولة. (electroplating)

**طور، وجه:** أحد الأوجه أو الأشكال الظاهرية للقمر (أو الكوكب السيار) نتيجة لانعكاس نور الشمس عنها أو عن جزء منها. (phase)

**طور:** إحدى الحالات الثلاث التي توجد فيها المادة - الجمودية أو السبيلة أو الغازية (البخار). (phase)

**طول موجي:** المسافة بين ذروة موجة وذروة موجة تالية. (wavelength)

**طية:** ثنية في الطبقات الصخرية. (fold)

**طيف (ج. أطيف):** توزيع خاص متفرّد للأوج والترددات، كالطيف الكهرومغناطيسي مثلاً. (spectrum)

**طيف كهرومغناطيسي:** المدى الكامل للإشعاع الكهرومغناطيسي - أشعة جاما وأشعة أكس (الأشعة السينية)، والإشعاع فوق البنفسجي والضوء المنظور والأشعة دون الحمراء والأمواج الضعيرة والأمواج اللاسلكية (الراديوية).

(electromagnetic spectrum)

## ظ

**ظاهرة الدفيئات:** ظاهرة احتباس الغازات في جو الأرض (بخاصة ثاني أكسيد الكربون) للحرارة كما في البيوت الزجاجية. وتراكم تأثير هذه الظاهرة يؤدي إلى انخساع العالم.

(greenhouse effect)

**الظاهرة الطارئة:** أنظر «قوة طارئة مركزية».

**الظاهرة الكهروضغطية:** إنتاج الكهرباء بتسليط الإجهاد على بعض أنواع البلورات (كالكوارتز أي المزو مثلاً).

(piezoelectric effect)

**الظاهرة الكهروضوئية:** إنبعاث الإلكترونات من سطح بعض الأجسام عند تسليط أو وقوع الضوء عليها. (photoelectric effect)

**ظل، شويء الظل:** الجزء المركزي المغمى من الظل الذي لا يسقط عليه ضوء. (umbra)

## ع

**عادل - يُعادل، يتعادل، يُخَيّد:** يجعل الحامض أو القلوي متعادلًا، أي يُخَيّده فلا هو خطفي ولا قلوي. (neutralize)

**عازل:** مادة تقلل أو تمنع تريان الحرارة أو الكهرباء أو الصوت. (insulator)

**عاشب، أكل الغُشب:** حيوان يقتات بالغُشب (أو الثبّت).

(herbivore)

**عاكس التيار:** نبيطة تعكس اتجاه التيار الكهربائي (في الدينامو).

(commutator)

**عاكس الطور، مُقوّم عكسي:** نبيطة تُستخدم لتحويل التيار المُستقيم إلى تيار مُتناوب. (inverter)

**عاكسة الحرّ:** أنظر «البياض».

**عامل استحلاب:** أنظر «مُستحلب».

**عامل مُختزل:** مادة تُسبب اختزال مادة أخرى (أي تُكسبها الهيدروجين أو تُفقد الأكسجين). (reducing agent)

**عامل مُساعد:** أنظر «مُفاز».

**عامل مُؤكسد:** مادة تُسبب أكسدة مادة أخرى. (oxidizing agent)

**عتاد (الحاسوب):** الأجزاء الميكانيكية والإلكترونية من الحاسوب (الكمبيوتر). (hardware)

**عجلة:** أنظر «ساعة».

**عداد جيجر:** جهاز يُستخدم للكشف عن أنواع مُعَيَّنة من الإشعاع بقياسها. (Geiger counter)

**عدانة، علم المعادن:** دراسة المعادن. (mineralogy)

**العدد الذري:** عدد البروتونات في نواة الذرة المُعَيَّنة. (atomic number)

**عدسة محدبة:** عدسة مقبوسة إلى الخارج (الخر في المركز منها في الأطراف). (convex lens; converging lens)

**عدسة مقعرة:** عدسة مقبوسة إلى الداخل (في المركز أرق منها في الجوانب). (concave lens)

**عزس:** أنظر «شبيج».

**عرض (جغرافي):** أنظر «خط العرض».

**عُشّة:** حوق يشغلها الكائن الحي في نظام بيئي. (niche)

**عُصارَة:** أنظر «شع».

**عَضَب:** جزء من شبكة «الكبُول» الدقيقة التي تحمل الرسائل من الجسم إلى الدماغ ومن الدماغ إلى العضلات. (nerve)

**عَضَبون:** خلية عصبية. (neurone)

**عَصْر بِن جليدي:** أنظر «بِن جليدي».

**عَصْر الفضاء:** عصر ريادة الفضاء والسفر في أجوائه. (space age)

**عضو:** جزء مُتكامل ذاتيًا من متعضّ ذو وظيفة مُحددة، كالدماع أو القلب مثلاً. (organ)

**عضوي:** صفة لـ (١) مركّب يحوي الكربون. (organic)

(٢) إنتاج الغذاء دون استخدام المُخصبات الكيميائية. (organic)

**عضوي:** جُزئية عضوية مُتخصصة تولّد قسما من الخلية النباتية أو الحيوانية. (organelle)

**الغطالة، القصور الذاتي، قوّة الاستمرار:** نزوع الجسم إلى البقاء في حالة الشكون أو استمرار الحركة في خط مُستقيم ما لم تؤثر فيه قوّة. (inertia)

**عظم:** نسيج صلب كجزء من الهيكل العظمي للحيوان. (bone)

**عُقدة عصبية:** مجموعة من الخلايا العصبية ضُمن غلاف من النسيج

الضام. (ganglion)

**علم الأرصاد الجوّية:** دراسة الطقس. (meteorology)

**علم البيئة:** أنظر «البيئات».

**علم الحياة، البيولوجية:** علم ودراسة الكائنات الحية. (biology)

**علم شكل الأرض:** أنظر «الجيومورفولوجية».

**علم الصخور:** مبحث ودراسة الصخور. (petrology)

**علم طبقات الأرض:** أنظر «استراتيجية».

**علم الطبيعة:** أنظر «الفيزياء».

**علم الفلك:** علم يدرس النجوم والكواكب والأجرام الأخرى في الفضاء. (astronomy)

**علم الكون، علم الكونيات:** دراسة تركيب الكون ونشأته وأصله. (cosmology)

**علم الكيمياء:** أنظر «كيمياء».

**علم المعادن:** أنظر «عدانة».

**علم الوظائف:** أنظر «الفسيولوجية».

**عملاق أحمر:** نجم في نهاية العمر تضخم ويزد. (red giant)

**عميرة:** أنظر «مُستعمرة».

**عناصر نادرة:** مواد كايونات النحاس والزنك والمُتغير تحتاجها الكائنات الحية بكميات ضئيلة. (trace elements)

**عنصر:** مادة لا يُمكن تفكيكها إلى مواد أبسط بالتفاعلات الكيميائية. (element)

**عنقة:** أنظر «شُرِين».

**عوالق:** نباتات وحيوانات دقيقة تعيش مُعلّقة على مقربة من السطح في المياه البحرية والداخلية. (plankton)

**عوالق حيوانية:** الحيوانات الدقيقة (المجهرية غالبًا) التي تولّد جزءًا من العوالق البحرية. (zooplankton)

**عوالق نباتية:** نباتات دقيقة تولّد جزءًا من الكائنات الحية المُعلّقة في الماء. (phytoplankton)

## غ

**غاز خيوي:** غاز ينتج من انحلال فضلات النبات أو الحيوان يستغل من الهواء. (biogas)

**غُدّة:** عضو أو مجموعة خلايا تُنتج مواد يستخدمها الجسم. (gland)

**غرواني:** مزيج من جسيمات دقيقة ماثو شُنت في مادة أخرى لا تذوب فيها. (colloid)

**غشاء:** جلد رقيق جدًّا. (membrane)

**غشاء نصف مُنفذ:** غشاء يسمح بعبور الجزيئات الدقيقة (كجزيئات المذيب) ويمنع عبور الجزيئات الكبيرة (كجزيئات المذاب). (semipermeable membrane)

**غُضروف:** نسيج ضام عُضروفي يُولّد الأجزاء الطرية من الهيكل العظمي وبعض المفاميل. الهياكل العظمية لبعض الأسماك كالقرش والشعنين عُضروفية بكاملها. (cartilage)

**غُفل، ذواء تُثويهي:** مادة غير فعالة تُعطى للمريض لمقارنة آثارها بأثار المادة العلاجية. (placebo)

**الغلاف (الجوي) الخارجي:** أنظر «إكسوسفير».

**الغلاف الجوي السفلي:** أنظر «التروپوسفير».

**الغلاف الجوي المتأين:** أنظر «الأيونوسفير».

**الغلاف الحراري:** أنظر «ثيرموسفير».

**الغلاف الحيوي:** النطاق الأرضي والجو حيث تتواجد الكائنات الحية. (biosphere)

**الغلاف الصخري:** الطبقة الأرضية التي تشمل القشرة والذئار العلوي. (lithosphere)

**الغلاف الطبقي:** أنظر «ستراتوسفير».

**الغلاف اللوني:** طبقة الغازات في جو الشمس التي تسطع بأحمرار. (chromosphere)

**الغلاف المائع:** النطاق اللين من الذئار. (asthenosphere)

**الغلاف المتوسط:** أنظر «ميزوسفير».

**الغلاف المغناطيسي:** المجال المغناطيسي حول نجم أو كوكب. (magnetosphere)

**غلْفَن:** طن (الحديد) بالزنك لوقايته من التئد. (galvanize)

**غلوون:** جسيم داخل البروتونات والنيوترونات. الغلوونات تجعل الكواكب تتناسك معًا. (gluon)

**غُيمة سديمية:** أنظر «سديم».

## ف

**فارة الحاسوب:** نبيطة تُمسك باليد تُستخدم للتحكم في مؤشر موزة الحاسوب. (mouse)

**الفاصل الطبقي:** أنظر «ستراتوبوز».

**فاعلية إشعاعية:** أنظر «إشعاعية».

**فاعلية (كيميائية):** أنظر «تفاعلية».

**فَج:** شو أو قلق في الحجر الجيري توسع بذوبان الصخر تدريجيًا في ماء المطر. (grike)



**الكهرمائية:** توليد الكهرباء بتسخير القدرة المائية (طاقة المياه الجارية أو الساقطة) (hydroelectricity)  
**كهتر:** أنظر «إلكترون»  
**كوارك:** أحد فئة من الجسيمات الدقيقة التي تؤلف البروتونات والنيوترونات (quark)  
**كوزر:** أنظر «كويزار»  
**كوك:** وقوة يُخَضَّر بإحماها الفحم في معزل عن الهواء، ويتألف في غالبية من الكربون، لذا فهو يعطي طاقة أكثر بكثير من الفحم (coke)  
**كوكب سيار:** جرم كبير يدور حول نجم (planet)  
**كوكب صغير:** أنظر «كويكب»  
**كوكبة:** تجمُّع يتألف من مجموعة نجوم ثابتة الشكل والموقع بالنسبة إلى الأرض (constellation)  
**الكون:** الفضاء الشامل وكل شيء فيه (Universe)  
**كويزار:** كوزر: اللُّب الساطع لمجرى قتيبة - لغملة قرص من الغاز الحار حول ثقب أسود ضخم (quasar)  
**كويكب:** جرم صخري يدور حول الشمس. تقع معظم الكويكبات في الجوزاء الكويكبي بين المريخ والمشتري (asteroid)  
**كيسة أوتيمية:** كرة مملوءة من الخلايا (blastocyst)  
**كيسة خيطية:** أنظر «خويصلة خيطية»  
**كيماوي (ج. كيماويات):** أنظر «مادة كيماوية»  
**كيمياء:** علم الكيمياء: فبحث المادة وطبيعتها وتركيبها وما يتألفها من تغيرات (chemistry)  
**كيمياء الأرض:** الكيمياء الجيولوجية: دراسة كيمياء الأرض وتركيبها (geochemistry)  
**الكيمياء العضوية:** فرع الكيمياء المختص بدراسة مركبات الكربون وتفاعلاتها وخصائصها (organic chemistry)  
**الكيمياء اللاعضوية:** فرع الكيمياء المختص بدراسة الكيمياء الخالية من الكربون - باستثناء الكربونات وثاني أكسيد الكربون (inorganic chemistry) (قارن «الكيمياء العضوية»)

**قلاح:** ترسبات على الأسنان تُسبب المجال يُسمى البكتريا (plaque)  
**قلو:** قلوي: قاعدة ذوات في الماء (alkali)  
**قلوي:** صفة لحوال أشه الهيدروجيني أكثر من 7 (alkaline)  
**قلي:** أنظر «قلو»  
**قمر:** جرم صغير نسبياً يدور حول كوكب (moon)  
**قمر (صنعي):** أنظر «ساتل»  
**قوة:** جهد يُحاول تغيير حركة الجسم أو شكله أو شكله (force)  
**قوة الاستمرار:** أنظر «الغطالة»  
**قوة جاذبة:** أنظر «قوة جاذبة مركزية»  
**قوة جاذبة مركزية:** القوة التي تُشد الجسم المدور في دائرة نحو مركز الدائرة (centripetal force)  
**قوة دافعة كهربائية:** فرق الجهد في بطارية أو خلية الذي يدفع تياراً كهربائياً حول الدارة (electromotive force)  
**قوة طاردة مركزية:** القوة التي يظهر أنها تُشد الجسم المدور في دائرة بعيداً عن مركز الدارة (centrifugal force)  
**قوة نابذة:** أنظر «قوة طاردة مركزية»  
**قوس الطول:** أنظر «خط الطول»  
**قيري، بتيوميني:** حار القار أو الخمر - من المنتجات النفطية (bituminous)

**قجوة:** أنظر «قريفة»  
**فحم الكوك:** أنظر «كوك»  
**قزاة طارئة:** نابذة: تبيطة تُستخدم لفصل المواد المتباينة الكثافة بتدويرها بسرعة فائقة (centrifuge)  
**فراغ:** خواء: خيّر أو قضا، خالي من المادة (vacuum)  
**فرضية جايا:** نظرية غافها أن الكائنات الحية على الأرض تؤلف متعضياتاً ضخماً يتحكم في الغلاف الحيوي (Gaia hypothesis)  
**قزط المغذيات الأجنبي:** قزط المغذيات في الماء من المخصبات مثلاً، مما يؤدي إلى قزط نماء النباتات المائية ونقص الأكسجين، وبالتالي موت الحيوانات المائية (eutrophication)  
**فرق الجهد (الكهربائي):** الفرق الطاقوي بين موقعين في دائرة أو مجال كهربائي (potential difference)  
**فرقة صوتية:** أنظر «نوي جدار الصوت»  
**فريسة:** الحيوان المصيد أو المفترس من قبل حيوان آخر (prey)  
**قريفة:** قجوة: جيب كبير غليء يمانع في قبول (سيتوبلازم) الخلية (vacuole)  
**الفسيولوجية:** علم الوظائف: يبحث ودراسة الوظائف التي تُتميز للتعويضات (الكائنات الحية بين نبات وحيوان) (physiology)  
**فقاري:** حيوان فقاري: حيوان ذو عود فقري (أو فقاري) (vertebrate)  
**فكك - يَفكك:** يُحلل المادة العضوية الميتة (decompose)  
**فلز:** واحد من مجموعة العناصر الجيدة التوصيل للحرارة والكهرباء واللطافة عادة (metal)  
**فلز خزق:** مادة فلزية خزفية صامدة لدرجات الحرارة العالية جداً (cermet)  
**فقط:** وحدة فرق الجهد أو وحدة القوة الدافعة الكهربائية (volt)  
**فقط أثير:** بقياس القلطية والتيار (voltammeter)  
**فقطمتر:** تبيطة لقياس القلطية (أي فرق الجهد بالفلط) (voltmeter)  
**فلقة:** ورقة بسيطة تؤلف جزءاً من الثبت النباتي (يُمكن تسميتها ورقة البذرة) (cotyledon)  
**فلكنة:** شحالة المطاط للتصليد بإحماها مع الكبريت (vulcanization)  
**فلورية:** تفلور، تالف: نور تُصيره ذرات مُعينة عندما يصوبها الإشعاع فوق البنفسجي (fluorescence)  
**فوتوسفير:** أنظر «سطح الشمس النير»  
**فوتون:** كم ضوئي: جسيم يتألف منه الضوء وغيره من الإشعاعات الكهرومغناطيسية (photon)  
**فوق البنفسجي:** ضرب من الإشعاع الكهرومغناطيسي أواجه أقصر من أمواج الضوء المرئي (ultraviolet)  
**فوق الصوتي:** سرعته تفوق سرعة الصوت (supersonic)  
**قوية:** أنظر «مُعيرة»  
**فيتامين:** خيمين: مركب عضوي، يتواجد في الأطعمة، ضروري لسلامة صحة الجسم (vitamin)  
**فيروس:** حمة: جسيمة مجهرية تغزو الخلايا وتتكاثر فيها، مسببة المرض غالباً (virus)  
**فيرومون:** مادة كيماوية يُطلقها الحيوان للتواصل مع آخر بالشَّم (pheromone)  
**الفيزياء:** علم الطبيعة: دراسة خصائص المادة وطبيعتها وتفاعلات المادة والطاقة (physics)

**لابة كُتلية:** أنظر «آ آ»  
**لاجم:** أكل اللحم (carnivore)  
**لاطي (٧):** وصف للحيوان اللصيق بقوقعه فلا يُمكنه التجول (كشفاً البحر) (sessile)  
**لازج:** لا يمتزج - كالزيت والماء لا يمتزجان (immiscible)  
**لاجنين:** خشبين: مكتور (يوليمر) في جذران خلايا الأشجار والجينات (والشجيرات) يُكسبها خشبها (lignin)  
**لحاء (داخلي):** السبيغ الذي يحمل الغذاء إلى النبات (phloem)  
**لحام:** سبيكة لحام: أشابة أو سبيكة (من القصدير والرصاص غالباً) تُستخدم لوصل السطوح المعدنية معاً (solder)  
**لزوجة:** مقياس لسيوية (سهولة انسياب) الموائع (viscosity)  
**لصاق:** لصوق: مادة لزقة، كالغراء أو معجون لاصق، تُستخدم لضم سطوح معاً (adhesive)  
**لصف:** أنظر «فلورية»  
**لصوق:** أنظر «لصاق»  
**لكتوز:** سكر اللبن: سكر يوجد في الحليب (اللبن) (lactose)  
**لغاوية:** خلية بفتية: كرية دم بيضاء تقاوم جراثيم المرض (lymphocyte)  
**لويحة:** أنظر «صفحة»  
**ليزر:** تبيطة تبعث حزمة أشعة ضوئية ساطعة (ليزر = تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المُنشط) (laser)  
**ليف ضوئي:** ليف رجاوي رقيق يُنقل الضوء. تُستخدم الألياف الضوئية في الاتصالات (بديل الأسلاك) (optical fibre)  
**ليفة:** خلية نباتية مُطاطة تُحيط الجدار (fibre)  
**ليفة عضلية:** خيوط مائلة توجد في الخلايا العضلية (myofibril)  
**ليلي:** حيوان ليلي النشاط: حيوان ينشط ليلاً وينام خلال النهار (nocturnal)

**كابت:** أنظر «مُثبط»  
**كاتيون:** شاردة موجبة: أيون موجب الشحنة الكهربائية (cation)  
**كانود:** مُهبط: إلكترون سالب الشحنة (cathode)  
**كاشف:** مُشعر، دليل: مادة تُبين الأثر الهيدروجيني لحوال بلونها السبغ في المحروس والفلويات (indicator)  
**كاشف الذبذبة:** جهاز يُبين الإشارات الكهربائية على ستارة عرض (oscilloscope)  
**كالوري:** سعة: وحدة طاقة. والكالوري المُستخدم في علم التغذية هو الكالوري الكبير أو الكيلوكالوري = ١٠٠٠ سحر (calorie)  
**كامد:** غير شفاف للضوء (opaque)  
**كائن زمام:** أنظر «زمام»  
**كثافة:** أنظر «إفراط كهربائي»  
**كتلة:** كتلة المادة في جسم ما (mass)  
**الكتلة الحيوية (١):** العدد الكلي للتعويضات الحية في مساحة معينة (biomass)  
**(٢):** مادة نباتية تُستخدم كمصدر للطاقة - مثلاً الخشب المُستخدم لتوليد الحرارة (biomass)  
**كثافة:** كتلة وحدة الحجم من المادة (density)  
**كثيف:** عالي الكثافة (dense)  
**كربون الفلور والكلور:** غازات إذا انطلقت في الجو (من الزيادات والزيادات مثلاً) تُسبب تقيوتا في طبقة الأوزون (CFC)  
**كربوهيدرات:** مركب يُزود بالطاقة يتألف من الكربون والهيدروجين والأكسجين، ويوجد في الأطعمة السكرية والنشوية كالبطاطا (carbohydrate)  
**الكرة السماوية:** الكرة التخيلية التي يبدو بين الأرض والنجوم تتواجد فيها (celestial sphere)  
**كروموسوم:** صبغي: بنية تحوي الجينات (المورثات) التي تُحدد الصفات الوراثية الممتدة للكائن الحي، وتوجد في منظومات زوجية في نواة الخلية (chromosome)  
**كزيرة:** كرية دم حمراء (erythrocyte)  
**كزيرة:** كرية دم بيضاء (leucocyte)  
**كسوف:** كسوف الشمس الكلي أو الجزئي عند مرور القمر بينها وبين الأرض (solar eclipse)  
**كلف الشمس:** أنظر «البقع الشمسية»  
**كلوروفيل:** أنظر «يخضور»  
**كم ضوئي:** أنظر «فوتون»  
**كمون شتوي:** أنظر «سبات شتوي»  
**كمون صيفي:** أنظر «سبات صيفي»  
**كمية التحرك:** زخم: خاصية الجسم المتحرك وتُقاس بالزمن اللازم لقوة معينة لإيقافه (= حاصل ضرب الكتلة في السرعة) (momentum) (قارن «مطالة»)  
**كمية لامتجبة:** كمية مقيسة لاتجاهية، أي ذات مقدار فقط (كالكمية والزمن) (scalar quantity) (قارن «كمية متجهة»)  
**كمية متجهة:** متجه: كمية ذات مقدار واتجاه كالقوة مثلاً (vector quantity) (قارن «كمية لامتجبة»)  
**الكهربائية الساكنة:** شحنة كهربائية يحويها الجسم، تُنتج بالكهرباء الإلكترونية أو قديمها (static electricity)  
**كهول:** إلكترونات: مادة تُوصل الكهرباء في حال الانصهار أو المنطول (electrolyte)  
**كهولة:** التحليل أو التحلل الكهربائي: تغير كيماوي في كهول (إلكترونات) يُحوّله التيار الكهربائي الساري فيه (electrolysis)

**قارت:** حيوان يقتات بالنبات والحيوان (omnivore)  
**قاعدة:** مركب يتفاعل مع حامض يُعطي ملحاً وماء (base)  
**قالب مضبوب:** أنظر «صبة»  
**قنابن:** أنظر «جلايين»  
**قسط:** أنظر «جفاف»  
**قدرة:** شغل تغير الطاقة (أو كمية الشغل المبذول في وحدة الزمن) (power)  
**قدرة ضيائية:** أنظر «شعور»  
**قزنين:** بروتين يؤلف القرون والظافر والخوافر والشعر والزيش (keratin)  
**قزم أبيض:** بقايا صغيرة كثيفة لتجم سُذُر (white dwarf)  
**قزم أسود:** بقايا ذابية من نجم ميت (black dwarf) (أنظر «قزم أبيض»)  
**قشرة:** أنظر «غِكل خارجي»  
**القشرة (الأرضية):** السطح الصخري الخارجي للأرض (crust)  
**القضبة الهوائية:** أنظر «الرغامى»  
**القصور الذاتي:** أنظر «الغطالة»  
**قطب:** أنظر «إلكترون»  
**قطب سماوي:** أحد القطبين في الكرة السماوية اللتين يظهر من الأرض أن النجوم تدور حولهما (celestial pole)  
**قطبا المغنطيس:** نقطتان في المغنطيس حيث التأثير المغنطيسي هو الأقوى (magnetic poles)

**ماء عسر:** ماء لا يرغو فيه الصابون بسهولة لاحتوائه املاح الكالسيوم والمغنسيوم (hard water)



ماء نيسر: ماء خالٍ من املاح الكالسيوم والمغنسيوم المذابة.

(soft water)

مادة: كل ما هو ذو كتلة ويشغل حيزاً، وتطلق أيضاً على أي تجمع من

جسيمات مادية. (matter)

مادة تنظيف: أنظر «منظف».

مادة غروانية: أنظر «غرواني».

مادة كيميائية، كيميائي: مادة يمكنها التغير عند احتياها أو مزجها مع مادة أخرى. (chemical)

مادة مغذية: أنظر «مغذ».

ماتورة شمسية: منظومة خلايا شمسية تجمع الطاقة من الشمس لاستخدامها في تسخين الماء أو توليد الكهرباء مثلاً.

(solar panel)

مانع التأكسد: أنظر «مضاد التأكسد».

مانع التعفن: أنظر «مطهر».

مائع: مادة سائلة - أي هي سائل أو بخار أو غاز. (fluid)

مبدأ ذرية الطاقة: أنظر «نظرية الكم».

مبدل التيار: أنظر «عاكس التيار».

مبيد الآفات: مادة تُستخدم لقتل الآفات كالحشرات والطحالب الضرة. (pesticide)

مُتَاصِل: أنظر «شكل تاصلي».

مُتَجَدِّد أعظم: نجم كبير متفجّر في نهاية عمره. (supernova)

مُتَجِه: أنظر «كمية متجهة».

مُتَغَضِّص: كائن حي يتألف من خليط واحد أو أكثر. (organism)

مُتَغَضِّص ضغري، خبيث مجهري: مُتَغَضِّص دقيق لا يرى إلا بالمجهر. (microorganism)

مُتَغَيِّر اللون بالضوء: صبغة للجسم (كعدسة النظارة مثلاً) الذي يَقلُّم لونه أو يتغيّر عند تعرّضه للضوء ثمّ يستعيد لونه بزواله.

(photochromic)

مُتفاعلات: المراتب المشاركة في تفاعل كيميائي. (reactants)

مُتَقَدِّرَة: غُضِيّ يُؤنِّد الطاقة للخلية. (mitochondrion)

مُتَمَاسِك: أنظر «مظير».

مُثَبِّط، كابت: مادة مُثَبِّطَة يُتفاعَل كيميائي. (inhibitor)

مُتَوِي: أنظر «موظن».

مُجال إلكتروستاتي: أنظر «مجال كهروستاتي».

مُجال القُوَّة: المنطقة التي يظهر فيها تأثير القُوَّة. (force field)

مُجال كهروستاتي: مُجال إلكتروستاتي: مُجال القُوَّة المُحيط بجسم مشحون كهربائياً. (electrostatic field)

مُجال مغنطيسي: منطقة حول المغنطيس يظهر تأثير المغنطيسي فيها. (magnetic field)

مُجَرَّة: مجموعة كبيرة من النجوم والغبار والغاز راحية التماسك معاً بالاجاذبية. (galaxy)

(مُجَرَّرَة تُدعى رُتَب التَبانة).

مُجَفَّف، مُجَفِّفَة: وعاء مُحكَّم السُدّ يُستخدَم لِتَجْفِيف المواد وجفظها جافّة. (desiccator)

مُجموعة بيئية: أنظر «جماعة».

مُجْهَر، ميكروسكوب: جهاز يُكَبِّر صُور الأجسام بواسطة منظومة من العدسات. (microscope)

مُجْهَر إلكتروني: مَجْهَر يُستخدَم حَزْمَة أشعّة إلكترونية لِتَكْوِين صورة مُكَبِّرة جداً للجسم. (electron microscope)

مُجْهود: أنظر «جهد».

مُحصلة: خصيلة القوة الإجمالية الناتجة من تأثير قُوَّتَيْن أو أكثر في الجسم. (resultant)

مُحطّة فضائية: مركبة فضائية فسيحة مأمولة تدور حول الأرض مُجهّزة لِعِيش الرُؤاد وأعمالهم الاستقصائية. (space station)

مُحلول: مزيج تخلط فيه جُزْئيات المذاب بِجُزْئيات المذيب. (solution)

مُحلول مُغلَق: أنظر «مُستغلَق».

مُحَمّ مُوصد: وعاء قووي صامد يُستخدَم لِإجراء تفاعلات كيميائية وتَقيِيم تطهيريّ على درجة حرارة وضَغط عالَين. (autoclave)

محور: خط وهمي يدور الجسم حوله. (axis)

محور الطي: الخط الذي يحصل الطي الضخري على طولهِ. (axis)

مُحوّل (كهربائي): نَبِيطة تَزيدُ الفَولطية أو تُخفّضُها. (transformer)

مُحوّل مُحفّز: نَبِيطة في السَيّارة تُستخدَم حَقْراً لِتَحويل غازات العادم السّامة إلى غازات أقلّ ضرراً. (catalytic converter)

المُحيط الحيوي: أنظر «الغلاف الحيوي».

المُخ: الجُزء الرئيسي من الدماغ في قِمّة الجُمجمة يقوم بمعالجة المعلومات والتحكّم في نشاط الأعضاء الحيوية. (cerebrum)

مُخاريط: خلايا مخروطية الشكل في شبكية العين، حسّاسة للضوء، تمكّننا من مُشاهدة الألوان. (cones)

مُخَرّج: أنظر «مُخرّج».

مُخطّط بلوري: نمط يتكوّن على لوحه فوتوغرافية عند إمراهِ حَزْمَة من الأشعّة السينية عبر البلّورة. (crystallogram)

مُخلوط: أنظر «مزيج».

المُخَيخ: جُزء الدماغ في مُؤخّر الجُمجمة يتحكّم في حركة العضلات

والتوازن. (cerebellum)

مُدار: مسار جسم ككوكب أو سائِل (قمر صناعي) مثلاً حول جسم آخر كنجَم أو كوكب. (orbit)

مُداري: ذو شَناخ حارّ تتخلّطه عُثْرات مُطر غزير. (tropical)

مُدخل: أنظر «مُدخل».

مِدفعَة إلكترونية: نَبِيطة تُنتِج تياراً من الإلكترونات (يُسمّى شَماعاً كاثودياً) تُستخدَم في الأجهزة الإلكترونية كالتلفزيون مثلاً. (electron gun)

المذاب، الذائب: المادة التي تذوب في المذيب لِتُكوّن المُحلول.

(solute)

مُذبذب، هزاز: جهاز يؤنِّد تياراً مُتذبذباً مُحدّد التردد. (oscillator)

مُذبذب، نَجَم مُذبذب: كُرّة من الغاز المُتجمّد والغبار تدور حول الشمس فينساب بعض الغبار حَلفَها (في الجِهَة المُضادة للشمس) كالمذنب.

(comet)

المُذيب: المادة (وهي غالباً سائلة) التي تذوب فيها المذاب لِتكوين المُحلول. (solvent)

مِرْجاف: أنظر «سيزمومتر».

مِرْشَح: جهاز يُزِيل المادة الجائِدة من السائِل. (filter)

مِرْصَد: مَبْنَى يَرسُدُ منه الفلكيُّون الفَضاء ويدرسونه.

(observatory)

مِرْطَع أمواج: جدار أو سياج خَفيف يُشاد على طول الساجِل لِيمتدّ التَحاث (التأكل) الشاطئ. (groynes)

مِرْكَب: مادة يحوي الجُزْئِ منها ذَرَّتَيْن أو أكثر من عناصر مُختلفة. (compound)

مِرْكَب اليَفاثي: مِرْكَبُ عُضوي يتألف من سلاسل لاخلقية من ذرات الكربون. (aliphatic compound)

مِرْكَب دُهني: أنظر «مِرْكَب اليَفاثي».

مِرْكم: أنظر «بطارية».

مِرْونة: قُدرة المادة على المَطّ أو (الإمِطاط) والعودة ثانية إلى حالتها الطبيعية بعد زوال المؤثر. (elasticity)

مِرْزُوج، مُخلوط: يمتزج - تُقال في سائِلين أو أكثر يخلطُ واحدُهما بالآخر أو بالأحرى. (miscible)

مِرْزِج، مُخلوط: مادة تحوي اثنين أو أكثر من العناصر أو المِرْكَبات غير المُتَحدة معاً كيميائياً. (mixture)

مِرْسِاب رَصْد لاسلكي: رَبيطة شُعْرات يَحوِيلُها إلى جَوّ الأرض الأعلى بالوَرّ رَصد لِجَميع المَعلومات عن الطَقس. (radiosonde)

مِرْستَحْجرة: أنظر «أحفورة».

مِرْستَحْضَر بِتروكيميائي: أنظر «بتروكيميائي».

مِرْستَحْلِب، عامل استحلاب: مادة تُستخدَم لِجَعْل سائِلَين لامتزَوجَين يمتزجان. (emulsifier)

مِرْستَحْلِب: جُسيمات دقيقة من سائِل مُشَبَّه في سائِل آخر (لا تذوب فيه). (emulsion)

مِرْستَغْلِق، مُحلول مُغلَق: جُسيمات دقيقة جداً من مادة جامِدة غير ذوّابة مُشَبَّهة بانتظام في سائِل (أو غاز)، كالمحاليل الغروانية (أو الدخان). (suspension)

مِرْستَعْمَرة، عَمِيرة: مجموعة كبيرة من المُتَغَضِّيات من نَوع واحد تعيش معاً. (colony)

المُستَوى الغِذائي: وُضِع (أو مُستَوى) الحيوان في سَلسِلَة (أو شَبَكَة) غِذائية. (trophic level)

مُسرّي: أنظر «إلكترود».

مُسئِل: أنظر «مُيدرومتر».

مُشاكهة، مُشابهة شكلية: تطوّر النَوع النِباتي أو الحيواني بحيث يشابه شكل نَوع آخر. (mimicry)

مُشَبك، مُشابِك عُضبي: مُوصِل بين خَليّتين عُضبيّتين. (synapse)

مُشعِر: أنظر «كاشف».

مُشيج، عُرْس: خَليّة تَناشُلِيّة (جَسيّة) كاللُطْفَة (المُثَنّي) أو البُويضة. (gamete)

مُضغّد: أنظر «أنود».

مُضِل الدم: أنظر «بلازما (١)».

مُضنّع: أنظر «وحدة صناعية».

مُضهر: أنظر «مُصهّرة».

مُضاد التأكسد: مِرْكَب يُضاف إلى الأطعمة والذوائن لِيعَملها من التأكسد أو التلف أو الانحلال. (antioxidant)

مُضافة: مادة تُضاف بِكمِيات قليلة، بِخاصة إلى طعام أو شراب، لِلتحسين - مثلاً لِتَغيير اللون أو الطَعم. (additive)

مُطر خَفِضي: مُطر أحِمض يتفاعَل مَاء الجَوّ مع الخوايض المُبتَغثة من مَحطّات توليد القُدرة وغوايم السَيّارات. (acid rain)

مُطراف: أنظر «مُزَف توصيل».

مُطلق للحرارة: تَفاعُل كيميائي يُنتِج حَرارة. (exothermic)

مُطْهَر، مانع التعفن: يَقتُل البَكتَريا. (antiseptic)

مُطياف، مَشاف الطيف: جهاز يُضْري بِخَطل الضّوء المُبْتَغث من جسم إلى طَيف. (spectroscope)

المعَى الأعور، المِفرَغة: خَبِث جِرابي في مَعَى الحيوان تُهضَم فيه الأغذية النباتية. (caecum)

مُعامل الانكسار، نَظير الانكسار: نِسبة شَركة الضّوء في وَسْط ما إلى

شَركته في الوَسْط الأخر عند انكسار شَعا عِ ضوئي.

(refractive index)

مُعايرة بالتحليل الحجمي: طريقة لِإِيجاد تَركِيز المُحلول بالتحليل الحجمي. (titration)

مُعايرة التَركِيز: أنظر «مُعايرة بالتحليل الحجمي».

مُعايشة: مُتَغَضِّيان أو أكثر تعيش مَعا دون أن يَليح أحدهما ضَراً بالآخر أو الآخرين. (commensalism)

مُعتدِل (مُناخِيّ): لطيف الطَقس صَيفاً ومُعتدِل البُرودة شِتاءً.

(temperate)

مُعدِن: مادة تتواجد طَبيعياً وليست نِباتية أو حيوانية - بِمِثَل الصُخر والخاصات الفِلْزِيّة والفَحم والنَظف والغاز الطَبيعي. (mineral)

مُغفّر: أنظر «مُحقيق».

مُغذ، مادة مُغذية: مادة في الطعام يُستخدَمها النَبات أو الحيوان لِتُغذ. (nutrient)

المُغنطيسية: قُوَّة الجَذِب أو التَنافُر اللامَنتَورة بين بعض المواد - وبِخاصة الحديد. (magnetism)

مُغِيام ثَماني: مَقياس لِتَقدير الغطاء الغَيمي، الغطاء الغَيمي أوكتا ولِجد حين تُشَن السَما مُغطى بالغيوم. (okta scale)

مُفاعِلية: أنظر «تفاعلية».

مُفترس، ضار: حيوان من الصُوري يعيش على صَيد الحيوانات الأخرى وافتراسها. (predator)

مُفكّك عُضوي: أنظر «حال عُضوي».

مُقاوم، مُقاوم كهربائي: مِرْكَبَة أو عُضُر في دارة كهربائية يُقاوم سَريان التيار فيها. (resistor)

مُقاوم حراري: أنظر «تَرمِستور».

مُقاوم ضوئي الاعتماد: مُقاوم تَزداد مُقاومته بِازدياد شِدّة الضّوء الّواقِع عليه. (LDR «light-dependent resistor»)

مُقاوم كهربائي: أنظر «مُقاوم».

مُقاومة: مَقياس مُضادّة المِرْكَبة أو العنصر الكهربائي في الدارة لِسَريان تيار كهربائي. (resistance)

مُقاومة المانع: القُوَّة التي تُثَبِّط حَركة الجسم السائِل عبر سائِل أو غاز. (drag)

مُقاومة مُتَغَيِّرة: أنظر «ريوستات».

مُقاومة الهواء: القُوَّة التي تُقاوم حَركة جسم في الهواء.

(air resistance)

مُقوّم عُصَي: أنظر «عاكس الطور».

مَقياس بَوفورت: مَقياس سَلمِي التَدرِج من صَفر (هائِل) إلى ١٢ (اعصار) لِقياس شَركة الرّيح. (Beaufort scale)

مَقياس رِيشَر (أو رِيشَر): مَقياس شِدّة الرّزّازِل (مُداد من صَفر إلى تَشعة). (Richter scale)

مَقياس كَلفِن. (Kelvin scale) (أنظر «المَقياس المُطلق»).

مَقياس مِرْكلي: مَقياس يُخدّد شِدّة الرّزّالة (من ١ إلى ١٢ درجة). (Mercalli scale)

المَقياس المُطلق: المَقياس المُطلق لِدرجات الحرارة، ويُعرَف بِمَقياس كَلفِن. يَبدأ بالصَفر المُطلق، ووَحِدته الكَلفِن. (absolute scale)

مَكتاف السَوائِل: أنظر «مَيدرومتر».

مُكتَف سَعوي: أنظر «مُواسيع».

مُكثور، بُوليمِر: مِرْكَبُ عُضوي ذو جُزْئيات طَويلة تَنافُل من كَثير من المَوجودات (الوَحدات البَائية). (polymer)

مُكتشاف: دارّة في مُستَقبل راديوي تُستَخلِص الإشارات الصوتية (الذبذبة المُضغّنة) من الموجة الراديوية (الحاملة). (detector)

مُكتشاف الطيف: أنظر «مطياف».

مُكتشاف كهربائي: أنظر «إلكتروسكوب».

مِلاحة وَسْطِ صَوْتِي: أنظر «شونار».

مِلانين، قَلامين: خُصْب بَني (اسم) يَواجِد في الجِلد والشعر والغَليظ. (melanin)

مِلثَم الجِراثِم: أنظر «لاقِم البَكتَريا».

مِلح (١) مِرْكَب يتكوّن من تَفاعُل حامِض وقاعدة. (salt)

(٢) الاسم الشائع لِكلوريد الصُوديوم. (salt)

(٣) مِلح، يَلحِي. (salty)

مِلْغَم: سَبِيكة (أشابه) من الرّزّاق وَليز آخر كالصَديِر. (amalgam)

مِلَف لولبي، وَشِيعَة: مِلَف سَلَكِي يُنتِج مَجالاً مغنطيسياً عندما يَمرّ فيه تيار كهربائي. (solenoid)

مِلماكب: أنظر «أَيُسومِر».

المِفرَغة: أنظر «المَعى الأعور».

مُناخ: طَرف الطَقس المُعتادة على مَدى فَترَة زَمَنيّة طَويلة في مِنطَقة مُعَيّنة. (climate)

مُنبَدة: أنظر «مُزارة طارِدة».

مُنخَفَض (جَوّي): مِنطَقة خَفِضة ضَغط الهواء مَعا يُنذِر بِطَقس سَليبي غَالباً. (depression)

مُنشور: أنظر «مُشور».

مِنطَقة البُرُوج: أنظر «دائرة البُرُوج».

مِنطَقة الرُكُود: أنظر «التروپوبوز».

مِنظار داخِلِي: جهاز يُستخدَم لِخَحص باطن الجسم. (endoscope)

مُنظَف، مادة تَظْطِيف: مادة تُضاف إلى الماء مُساعدَة في إزالَة الشَحم



## هـ

هائطة (كهربية): أنظر «كاثيون».

هالة: أنظر «إكليل».

هائم الميزوسفير: جزء الجو على ارتفاع ٨٠ كيلومترًا عن سطح الأرض، وهو الحد الأعلى للميزوسفير (الغلاف المتوسط) (mesopause).

هجرة، إرتحال: إنتقال بعض الحيوانات إلى مواقع أخرى طلبًا للغذاء أو الدفء أو الوساعة أو مكانًا ملائمًا للتوالد. (migration) هذبة، هذب: شغرات دقيقة تغطي سطح الكثير من المتعضيات الصغيرة. («cilium» pl. cilia).

هيدروكربون: مركب كيميائي يتألف من الكربون والهيدروجين فقط. (hydrocarbon).

هرتز: وحدة التردد، ويقدرها دورة واحدة في الثانية. (hertz).

هرمون، هورمون، حائه: رسول كيميائي يدور مع مجرى الدم ويتحكم في وظائف الجسم. معظم الهرمونات تفرزها غدد صنماء مباشرة في الدم. (hormone).

هراف: أنظر «مذئذب».

هـ ٣، الأس الهيدروجيني، الرقم الهيدروجيني: قياس لخصوية المحلول أو قلويته - مدها من ١ إلى ١٤ (الرقم ٧ لمحلول محايد، ما فوقه قاعدي وما دونه حامضي). (pH).

هضم: تحليل الطعام في جهاز الهضم وتفتيت الجزيئات العضوية الكبيرة إلى جزيئات بسيطة يمكن سريانها إلى مجرى الدم. (digestion).

هلاله، سطح هلال: السطح الغلوي المقوس لسانل في أنبوب رفيع. (meniscus).

هورمون: أنظر «هرمون».

هيدرولي، سانلي: يعمل بانتقال الضغط عبر سائل. (hydraulic).

هيدرومتر، ميسيل، مكناف السوائل: جهاز يقيس كثافة السوائل. (hydrometer).

هيكل خارجي، قشرة: القشرة الخارجية للكثير من اللافقاريات، كالخشرات. (exoskeleton).

هيكل داخلي: أنظر «هيكل عظمي باطني».

هيكل (عظمي): الهيكل العظمي والغضروفي، في الفقاريات، الذي يدعم الجسم ويحمي أعضائه. (skeleton).

هيكل عظمي باطني، هيكل داخلي: الهيكل العظمي الداخلي في الفقاريات. (endoskeleton).

هيموغلوبين، يخمور: مركب في كريات الدم الحمراء يحمل الأكسجين إلى مختلف أنسجة الجسم. (haemoglobin).

هنيوي الخلية، سيتوبلازم: محتويات الخلية باستثناء النواة. (cytoplasm).

## و

واط: وحدة القدرة (= جول في الثانية). (watt).

وجه (القمر): أنظر «طور (١)».

وحدة صناعية، وحدة إنتاج صناعي، مصنع: الأرض والمباني والمكانات المستخدمة لتنفيذ عملية صناعية. (industrial plant).

وحدة المعالجة الرئيسية: «دماغ» الحاسوب حيث تتم معالجة البيانات. (CPU).

وحدة مناورة راندية: رحل كابل التجهيزات الحياتية والحركية يستخدمه الرواد للحركة في الفضاء.

(manned manoeuvring unit).

ورقة البذرة: أنظر «فلقة».

وريد (ج. أوردة): عرق أو وعاء دموي يحمل الدم من بعض أجزاء الجسم عودًا إلى القلب. (vein).

وزن، ثقل: القوة التي تتجذب بها كتلة الجسم نحو مركز الأرض. (weight).

وسيط كيميائي: أنظر «حفاز».

وشيعه: أنظر «مِلَف لولمي».

وعاء شعري: أنظر «شعري».

وقود أحفوري: وقود تتكون على مدى ملايين السنين من بقايا الكائنات الحية - مثل الفحم والنفت. (fossil fuel).

## ي

يخمور: أنظر «هيموغلوبين».

يخضور، كلوروفيل: خضبت أخضر في النباتات الخضراء تمتص الضوء ليوفر الطاقة لعملية التخليق الضوئي. (chlorophyll).

يزقانة، يزقة: المرحلة الثانية من حياة الحشرة بين البيضة والخادرة أو بين البيضة والحشرة البالغة (كاليرسوع مثلاً). (larva).

النُصُوع الظاهري: سطوع النجم كما يبدو من الأرض. (apparent magnitude) (قارن «النُصُوع المطلق»).

النُصُوع المطلق: قياس السطوع (القدرة الضيائية الفعلية) للنجم. (absolute magnitude) (قارن «النُصُوع الظاهري»).

نَض: أنظر «تشويل».

نَضج، إدماع (نباتي): فقء الماء من سطح النبات كسائل لا كبخار. (guttation).

نطاق الرُهو الاستوائي: منطقة على طول خط الاستواء حيث تتلاقى الرياح التجارية وتشكل منطقة راكدة أو قليلة الرياح. (doldrums).

نظام بيئي: منطقة متميزة في الغلاف الحيوي تحوي كائنات حية - مثلًا بحيرة أو غابة. (ecosystem).

نظام التسمية الثنائية: نظام تسمية المتعضي باستين - الأول إسم الجنس والثاني إسم النوع. (binomial system).

نظام ثنائي: نظام عددي حسابي يستخدم رقمي الصفر (٠) والواحد (١) فقط. (binary system).

النظام الشمسي: الشمس والكواكب التي تدور حولها (مع أقمارها) والأجسام الأخرى في الفضاء التي تتحكم جاذبية الشمس في حركتها. (solar system).

نظام العد الثنائي: أنظر «نظام ثنائي».

نظريّة الكم: مفادها أنّ الضوء وغيره من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تتألف من تيار فوتونات يحمل كل منها كمية معينة من الطاقة، (وتُعرف أيضًا بمبدأ ذرية الطاقة). (Quantum theory).

نظير، مُتماكن: ذرة من العنصر نفسه تحوي العدد نفسه من البروتونات لكن عددًا مختلفًا من النيوترونات. (isotope) (العنصر ونظائره تشغل المكان نفسه في الجدول الدوري).

نظير، مُناظر: مُناظر لكمية بقطعة كهربائية مُتغيرة. (analogue) (قارن «رقمي»).

نَغْشان: أنظر «الحركة البراونية».

نقطة الانصهار: درجة الحرارة التي يتحول فيها الجامد إلى سائل. (melting point).

نقطة التجمد: درجة الحرارة التي عندها تتحول المادة (المعينة) من سائل إلى جامد. (freezing point).

نقطة الغليان: درجة الحرارة التي يتحول فيها السائل إلى غاز. (boiling point).

نقل: أنظر «توصيل».

نواة (١) الجزء المركزي من ذرة يتألف من بروتونات ونيوترونات. (nucleus).

(٢) جسم يحوي المادة الوراثية في الخلية، يوجد داخل معظم الخلايا في النباتات والحيوانات. (nucleus).

نواة النواة: أنظر «نوية».

نوع: مجموعة متميزة الشكل من المتعضيات يمكنها التوالد فيما بينها. (species).

نوية، نواة النواة: جسم دقيق مُستدير كثيف داخل نواة الخلية. (nucleolus).

النيداريات: حيوانات لافقارية تهاجم فرائسها بخيوطات لاسعة. (cnidarians).

نيزك، شهاب: عبارة من الفضاء تحترق عند دخولها جو الأرض مُحدثة حراً ضوئياً. (meteor).

نيوترون: جسيم في نواة الذرة لا يحمل شحنة كهربائية. (neutron).

نيوتن: وحدة قوة تُسرع كتلة الكيلوغرام مترًا في الثانية كل ثانية. (newton).

والزيت. (detergent).

منظمة الارصاد العالمية: وكالة تابعة لهيئة الأمم المتحدة هدفها توحيد وتنسيق الخدمات الارصادية في العالم (تأسست عام ١٩٥١). (WMO).

مُنْعَكس: رد فعل تلقائي لشيء أو لمؤثر أو لنتبه. (reflex).

مُنَوَّب، مُنَوَّبة: مولد كهربائي للتيار المتناوب. (alternator) مَهْبِط: أنظر «كاثود».

مُواسِع، مُكثَّف سعوي: بسيطة تُستخدم لتخزين الشحنة الكهربائية مؤقتًا. (capacitor).

مُواسعة، سعة المُكثَف: القدرة على تخزين الشحنات الكهربائية. (capacitance).

موجة زلزلية، موجة زخفية: موجة تنتقل عبر الأرض، مصدرها زلزال أو انفجار. (seismic wave).

موجة ضوئية: نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي. والأمواج الضوئية هي أمواج راديوية قصيرة جدًا. (microwave).

موجة طولية أو طولانية: موجة تهتز (تتذبذب) فيها جسيمات الوسط في اتجاه مسار الموجة. (longitudinal wave).

موجة مُستعرضة: موجة تهتز (تتذبذب) فيها جسيمات الوسط في اتجاه مُتعامد مع اتجاه مسار الموجة. (transverse wave).

مُوَحَّد: جزيء هو الوحدة البنائية لِكثُور (بوليمر). (monomer) مُوَزَّعة: أنظر «مجنة».

مُورِد: مادة يُمكن استخدامها لإنتاج أو عمل شيء مفيد. الزيت والفحم من الموارد الطبيعية. (resource).

مُوشُور، مُشُور: كتلة شفافة بخاصة، مثلثة المقطع العرضي. (prism).

مُوضدة: أنظر «مخم مُوضدة».

مُوصِّل فائق: مادة عديمة المقاومة الكهربائية على درجات الحرارة المنخفضة جدًا. (superconductor).

موطن (بيئي)، مَنَوِي: الموطن الطبيعي لحيوان أو نبات. (habitat) مُول، جزيء غرامي: كمية من المادة تحوي نفس العدد من الذرات أو الجزيئات الذي تحويه كمية ١٢ غرامًا من الكربون ١٢. (mole).

مُولِد، مُولد كهربائي: بسيطة تُحوّل الطاقة الميكانيكية إلى كهرباء. (generator).

مُؤَلِّفة: آلة تُؤلف أنغامًا موسيقية إلكترونية. (synthesizer).

ميزوسفير، الغلاف المتوسط: جزء الجو بين ٥٠ و ٨٠ كيلومترًا فوق سطح الأرض. (mesosphere).

ميكروسكوب: أنظر «مُجهر».

مِيلِين، مُخاعين: مادة دهنية تتواجد حوالى الالياف العصبية. (myelin).

## ن

نابذة: أنظر «مقازة طارئة».

ناظم التتار: أنظر «ريوستات».

نبات، مُتعض يحوي الكلوروفيل. (plant).

نَباض كوني: أنظر «نلسار».

نَنج، إرتشاح: فقء الماء من النبات بالتبخّر (بخاصة من الثغرات). (transpiration).

نَجْم: جرم سماوي ينبعث الطاقة من تفاعلات نووية في جوفه. (star).

نَجْم بدائي: سحابة أو سديم غازي على وشك التحول إلى نجم. (protostar).

نَجْم قيفاوي: نجم ذو دورة نُصُوع مُتغيرة. (Cepheid star).

نَجْم مُذَنَّب: أنظر «مُذنب».

نَجْو مُتَخَجِر: روث مُتخَجِر. (coprolite).

النُخاع الشوكي: حزمة أعصاب تمتد من الدماغ عبر العمود الفقاري. (spinal cord).

نُخاعين: أنظر «مِيلِين».

نُشع، عُصارَة: السائل الذي يسري في أجزاء النبات حاملاً الماء والغذاء. (sap).

نَسَق شبيكي بلوري: نسق سطحي مُتكرر من الذرات أو الأيونات التي تُولف البلورة. (crystal lattice).

نَسيلة: مُتعضيان طليقان أو أكثر تشترك في الجينات نفسها تمامًا. (clone).

نَسِيج خَشَبِي، خَشَب: نسيج وعائي يحمل الماء (والأملاح المعدنية الذائبة فيه) إلى مختلف أجزاء النبات. (xylem).

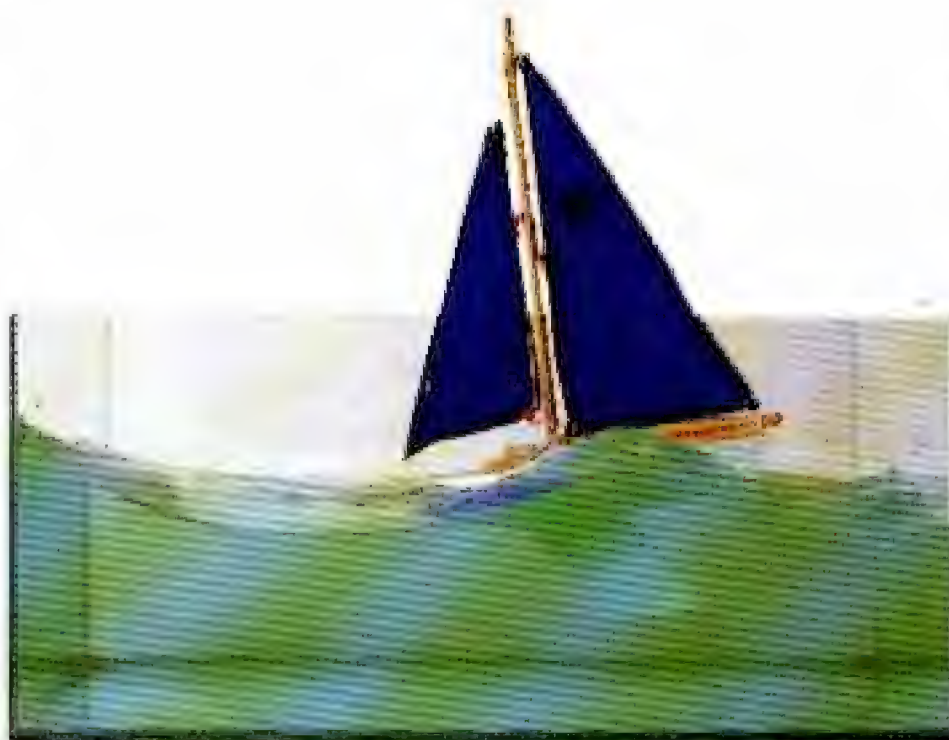
نَسِيج (عُضوي): مجموعة من الخلايا المشيلة تقوم بوظيفة معينة، (مثل النسيج العضلي). (tissue).

النشا: سُكُور (بوليمر) كربوهيدراتي يوجد في النباتات، يُؤلف جزءًا مهمًا من غذاء الإنسان. (starch).

نشاط إشعاعي: أنظر «إشعاعية».

نَشَف - نَشَف: أنظر «جَفَف».

نُصف كُرَة: خط الاستواء يقسم الأرض إلى نُصْفَي الكُرَة الشمالي والجنوبي. (hemisphere).





# فهرس

أرقام الصفحات الغامقة تشير إلى المداخل الرئيسية.

i

الأباتيت ٤٣، ٢٢١  
الإبحار الشعاعي ١١٦  
الأبراج الكهربائية ١٦٠  
الإبصار ٢٠٢، ٢٠٤-٥، ٢٥٨-٥٩  
إبصار العينين ٣٥٩  
الإبصار ليلاً ٢٠٥  
الإبصار المشعشع ٢٠٤  
الأيثار ٢٧٢، ٢٤٥  
البقراط ١٠٤  
ابن النفيس ٣٤٩  
أبو شوكة ٣٦٧  
أبو منقار ٣٨٩  
أبواغ  
~ السراخس ٣١٦  
~ الطحالب ٣٦٧  
~ الفطريات ٣١٥  
الابواق ١٨٦  
أبير - نقولا ٩٣  
الإتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة والموارد الطبيعية ٤٠٠  
الاتصالات  
~ العبادية ١٦٢-٦٣  
~ التلفزيونية ١٦٦-٦٧  
~ الراديوية ١٦٤-٦٥  
~ الصوتية والضوئية ١٧٧  
~ الكلامية ١٨٢  
فيزيومات - ٣٥١  
أتول ٢٣٤  
الإثمد، الأنثيمون ٣٩  
أجاسيز - لويس ٢٢٩  
اجتماع القبة لشؤون البيئة ٤٠٠  
أجراس الأبواب ١٥٦  
الأجسام الفضائية ٣٤٨  
أجنحة  
~ الخشرات ٣٥٧  
~ الطائرات ١٢٨  
~ الطيور ٣٣٢، ٣٥٧  
أجهزة إسقاط ١٩٧، ٢٠٨  
أجهزة الإنذار من السخان ٢٧  
الأجهزة التلفزيونية ١٤٥، ١٦٢، ١٧٧، ٦٣  
الأجهزة الراديوية البلورية ١٦٤  
الأجهزة المختبرية ٤٠٥  
الأجنات ٣٩٤  
أحاديات الفلقة ٣١٨، ٤٢٠  
الأحافير ٢٢٥  
~ والانجراف القاري ٢١٥  
~ وإنسان ما قبل التاريخ ٣٢٦  
~ والبرمائيات ٣٢٨  
~ والتطور ٣٠٨  
~ والجيولوجية التاريخية ٢٢٦  
الإحتراق ٤٤، ٦٤ - ٦٥  
الإحتكاك ١٢١

~ والكهربائية الساكنة ١٤٦  
~ ومقاومة الهواء ١١٩، ١٢١  
~ والمكثات ١٣٠  
أحفورة آثار أقدم ٢٢٥  
إحمرار السماء ٢٧٢  
الأحوال الجوية ٢٤٨-٢٧١  
أخاديد المثالج ٢٢٨  
الأخاديد المحيطية ٢٣٤، ٢٨٦  
الاختبار الإتلافي ٦٢  
اختبار لاتلافي ١٨٥  
اختبارات الذهب ٦٣  
الاختزال ٦٤-٦٥  
اختلاف المنظر ٢٧٨  
الاختبار ٨٠  
~ الكحولي ٨٠، ٩٣  
الأخدود العظيم (الغراند كانيون) ٢٢٦  
أخدود مارياناس ٢٨٦  
الإخصاب ٣١٨-١٩، ٣٦٧  
الأخطبوطات ٣٢٤، ٣٥٧، ٣٦١  
إخماد الضجيج ١٨١  
الأذنين ١٠٤، ١٠٥  
الادماغ، النخاع ٣٤١  
الأذمة ٣٥٤  
أدفسون - جورج ٣٩٣  
أدفسون - جوي ٣٩٣  
إينجتون - السير آرثر ٢٨٥  
أديسون - توماس  
~ وتسجيل الأصوات ١٨٨  
~ والسينما ٢٠٨  
~ والصمجات الكهربائية ١٩٣  
~ والكهرباء ١٦٠  
أذنان الخيل ٤٢٠  
الأذنان  
~ والسَّمع ١٨٢، ٣٥٨  
واقفات الأذنين ١٨١  
الأرانب ٣٣٤، ٣٦٩  
الأرانب البتافونية ٣٩٣  
أرانوس ٢٨٣، ٢٩٢  
إحصائيات عن ٤١٨  
السواير الفضائية إلى ٢٧٣، ٣٠١، ٣٩٢  
الأريطة ٣٥٣  
الإزيعاش ٣٥٠  
الإرتفاع ٢٥٠  
الأرجل ٣٥٦  
أرجوحة نيوتن ١٣٩  
الأرجون  
~ في الجدول الدوري ٣٣  
~ في الهواء ٧٤  
استعمالات ٤٨  
أرخميدس ١٢٩، ١٣٠  
الأردواز ٢٢٤  
أزديت اللاركس ٣١٧  
أرسطو ٣١، ١٢٠، ١٧٧  
الأرض ٣٤٥، ٣٩٣  
الأرض ٢٠٩، ٢٨٧  
~ ويتكونيات الكتل الصفائحية ٢١٤-١٥

~ والخمق العالمي ٢٤٧، ٣٧٢  
~ والشَّمس ٢٨٥  
~ ونشوء الجبال ٢١٨-١٩  
إحصائيات عن ٤١٨  
الانهار على ٢٢٣  
بخار ومحيطات ٢٢٤-٢٢٧  
بدايات الحياة على ٢٠٧  
براكين ٢١٦-١٧  
بنية ٢١٢-١٣، ٤١٤  
تجوية وتحات سطح ٢٣٠-٢٣١  
التراب ٢٢٢  
التغيرات المناخية لـ ٢٤٦  
التلوث على ٣٧٤-٧٥  
جاذبية ١٢٢، ١٢٥  
جدول الأزمنة الجيولوجية و- ٢٢٧، ٤١٤  
الجليد والمثلج على ٢٢٨-٢٢٩  
جق ٧٤، ٢٤٨-٤٩، ٢٨٧  
حقائق ومعلومات عن ٤١٤-١٥  
درجة حرارة ٢٥١-٥٢  
رسم خرائط ٢٤٠  
الزلازل (الهزات الأرضية) ٢٢٠  
الشوائب الأرضية ٣٠٠  
شكل ٢١١  
الصخور والمعادن على ٢٢١-٢٢٧  
ضغط الهواء على ٢٥٠  
الغلاف الجوي لـ ٢٧٠-٣  
الفصول الأرضية ٢٤٣  
كتلة ١٢٣  
مجال ~ المغنطيسي ١١٥، ١٤٥، ٢١٥، ٢١٣  
مصادر الطاقة على ١٣٤  
مناخات ٢٤٢، ٢٤٤-٤٥  
نشأة ٢١٠-٢١١، ٢٧٥، ٢٨٣  
الأرض الجيوديتية ٢٨٣  
الإرضاع ٣٦٨  
إرفسون - كاري ٨٦  
الأزرق ٣٤١، ٣٦٦  
أركيويتريكس ٣٠٨  
إرليخ - پول ١٠٤  
أرمسترونغ - تيل ٢٠٢  
أريستارخوس ٢٨٧  
أريثوس - سفانت ٦٩  
الأزتك ٢٤١  
الأزمنة الجيولوجية ٢٢٧، ٤١٤  
الأزهار ٣١٨-١٩، ٤٢٠  
خضب ~ المرئية بالضوء فوق البنفسجي ٢٠٥  
أزهار الربيع ٣٦٧  
أسارير (غضون) الجلد ٣٥٤  
الأسارير ٣٤٢، ٣٦٣، ٣٨٠  
الاسافين ١٣١  
الإشبات ٣٨١  
الإشبات الصيفي ٣٨١  
الإشبات، الثوم ٣٦١، ٣٨١  
الأسبيرين ١٠٤، ١٠٥

الإشتتباب ٢٥٠  
استحلاب ١٠٣  
أستريال  
الانجراف القاري في ٢١٥  
الجربائيات في ٢٢٥  
الرياح في ٢٥٤  
علاجيم القصب في ٣٩٩  
المناخ في ٢٤٥، ٢٦٥  
الإشتتباب ٦٢  
الإشتتباع ٢٧  
إشتتار قوي التدوير ١٢٤  
الإشتتباب ٢٠٠، ٢٢١  
الاستقلاب، الايض ٧٦، ٤٢٣  
أشتون - فرانسيس ٦٣  
الاستيلين ٤٤  
أسطوانات مُدَمَّجة ٣٩، ١٨٨  
أسطوانات مُدَمَّجة ذات ذاكرات  
قراءة فقط في الحواسيب ١٧٣  
الأسفلت ٩٨  
الإسفنجيات ٢٢٠، ٤٢١  
إسقاط مركاتوري ٢٤٠  
الإسقاط والخرائط ٢٤٠  
اسكتلندا ٢١٨، ٢٢٩  
الأشلة النووية ١١٣، ١٣٧  
أسماء  
~ الكائنات الحية ٣١٠-١١  
~ الكيمويات ٤٠٤  
الاسماك ٣٢٦-٢٧  
أسماء الأعماق ٣٨٦  
أسماء القارة القطبية الجنوبية ٣٦٨  
الاسماك الخفاشية ٣٢٧  
~ الرئوية ٢٨١  
~ الشبيهية ٢٢٧  
~ الطيارة ٢٢٧  
~ الغضروفية ٣٢٦، ٣٥٧، ٤٢١  
~ ومقاومة التجدد ٢٦٨  
أشكال ~ الانسيابية ١٢١  
البيئة الباطنية في ~ وسواها من ذوات الدم البارد ٣٥٠  
تصنيف ٤٢١  
تعايش ٢٧٩  
تناسل ٣٦٧  
التنفس في ٣٤٧  
خراشف ٣٥٤  
حواش ٣٥٩  
الخط الجانبي في ٣٥٨  
الدورة الدموية في ٣٤٩  
سباحة ٣٥٧  
صيد ٣٨٧  
مئانات ~ الهوائية ١٢٩  
مدى أعمار ٤٢٢  
هجرة ٣٨١  
الأممدة الكيميائية، المحضبات  
~ في الزراعة ٩١  
~ من الامونيا ٩٠، ٩٦  
~ من الفسفور ٤٣  
~ من النيتروجين ٤٢  
فُرط المغذيات و- ٢٧٣

إشمرار الفاكهة ٧٩  
الإشمتت ١٠٩  
الاشنات النووية ٢٤٧  
الاشنان ٣٤٤  
أسنان سمك القرش ٢٢٥، ٢٢٦  
أسنان اللبونات ٣٣٤  
خشو تجاوير ٨٨  
تخر ٣١٣  
أسهم نارية ٣٥، ٦٣، ١٣٨  
الأسود ٣٩٢، ٣٩٣  
آسيا  
جبال ٢١٨  
الجفاف في ٢٦٥  
شهب ~ المعشبة ٣٩٣  
الإشارات الرقمية  
~ ~ والأصوات الإلكترونية  
١٨٩  
~ ~ وتسجيل الصوت ١٨٨  
~ ~ والدارات المتكاملة ١٧١  
إشارات نظيرية ١٧١  
الإشارة (الموجة) الخاملة ١٦٤، ١٦٥  
أشباح يزوكن ٢٦٩  
أشباح الإنسان ٣٣٦  
أشباح الفلزات ٣٩  
الأشجار  
~ والأزهار ٣١٨  
~ الصنوبرية ٣١٧  
~ والغابات المطيرة ٣٩٤-٩٥  
~ وغابات المناطق المعتدلة ٣٩٦  
~ في الجفاف ٢٦٥  
~ في المستنقعات ٢٨٩  
تكون الفحم من ٢٢٨  
حركات النمو في الشجر ٢٤٦  
خط الشجر ٢٨٤  
التنح في ٢٤١  
نمو ٣٦٢  
أشجار الراتنجية (بنيبي) ٣١٧  
أشجار الشرو ٣٨٩  
أشجار الشنديان (البُلوط) ٣٩٦  
أشجار الشط ٣٧٩  
أشجار الصنوبر ٣١٧  
أشجار الكرز ٣١٨، ٣٤٢  
أشرطة الحافظات ١٥٥  
الإشعاع  
~ وتشعيع الأطعمة ٩٣  
~ الحراري ١٤٢  
~ والطاقة النووية ١٣٦  
~ وعلم الفلك ٢٩٨  
~ في الكون ٢٧٥  
الإشعاع دون الأحمر  
~ ~ والأرض ٢٤٨  
~ ~ والشَّمس ١٤٢، ٢٨٤  
~ ~ والطفيف الكهرومغناطيسي ١٩٢  
~ ~ وعلم الفلك ٢٩٨  
~ ~ والكون ٢٧٧  
الإشعاعية ٢٦ - ٢٧  
أشعاع العناكب ٣٢٢







- الأنواع ٣٠٥  
~ المهتدة بالانقراض ٢٩٨-٩٩،  
٤٢٥  
تصنيف ~ ٣١٠، ٣١١  
تطور ~ ٣٠٩  
أنود (مضعد) ١٦٨، ٦٧  
أنودة ٦٧  
الأنياب ٣٤٤  
الإهتزازات، الذبذبات ١٢٦  
~ والزنين ١٨٢  
~ والزلازل الأرضية ٢١٢  
~ والسفح ٣٥٨  
~ الصوتية ١٧٨  
~ الموسيقية ١٨٦، ١٨٧  
الأوالي الحيوانية (البروتوزوا)  
٣١٤  
الأوبوسومات ٣٢٥، ٣٧٩، ٣٩٧  
أوبوسومات غربي أستراليا ٣١٩  
الأوتار ٣٥٥  
~ الصوتية ١٨٢، ٣٤٧  
أوتو - نيقولوس ١٤٤  
أوج المجموعة البيئية ٣٧١  
أوجه القمر ٢٨٨  
الأودية  
أودية الأنهار ٢٢٣  
المتالج الوديانية ٢٢٨  
الأودية المغلقة ٢٢٨  
الأوراق  
~ والتخليق الضوئي ٣٤٠  
~ وحركة النوم ٣٥٦  
~ والتثج ٣٤١  
أوراق الصنوبريات ٣١٧  
أوراق كاسية ٣١٨  
أورانوس ٢٩٢  
الأوريّة ٣٤٩  
أورسيد - هانز كريستيان ١٥٦  
أوركسترا ١٨٧، ١٨٩  
أوروبا  
الجفاف في ~ ٣٦٥  
«العصر الجليدي الصغير» في ~  
٢٤٦، ٢٤٧  
العصر الجليدي في ~ ٢٤٦  
غابات المناطق المعتدلة في ~  
٣٩٦  
أوروبا (أحد أقمار المشتري)  
٢٩٠، ٣٠١  
الأوزميوم ٢٢  
الأوزون - طبقة ~ ٢٤٨  
~ في الجو ٤٤  
أوستولد - قليلم ٥٧  
أول أكسيد الكربون ٢٤  
الأولوزو ٢٣٠  
الأوليات ٣١٤  
~ والتخليق الضوئي ٣٤٠  
تصنيف ~ ٣١١، ٤٢٠  
مدى أعمار ~ ٤٢٢  
أوم - جورج سيمون ١٥٢  
الآيات ٣٣٦  
إيثان ٩٧-٩٨، ٤٠٦  
الإيثان الثنائي البروم ٩٩  
إيثانول ٩٩، ٤٠٦  
الإيثين  
استعمالات ~ ٩٩، ٤٠٦
- إنتاج ~ ٩٧  
تركيب ~ الجزيئي ٤١  
الإيدز (مثلازمة العوز المناعي  
المكتسب) ٣١٢  
ايستمان - جورج ٢٠٧  
أيسوبار، خط تساوي الضغط  
٢٥٠، ٢٧٠  
الايشومرات، المتماكبات ٤١  
الأبيض، الإشتقالات ٧٦، ٤٢٢  
أبيض بنائي، إشتقالات بنائي ٧٦  
الإيكثيوسورس ٢٢٥  
أيل الأب داود ٤٠٠  
أيل الزنة ٢٨٣  
أيل الصنابير (سيتانجا) ٣٨٩  
أينشتين - ألبرت ١١٨  
~ والوان الجوز ٢٦٩  
~ والحركة البراونية ٥٠  
~ والطاقة النووية ١٣٦، ١٣٧  
~ ونظريات الضوء ١٩١، ١٩٩  
~ والنظرية النسبية ٢٨١، ٢٨٥  
أيو ٤٥، ٢٩٠  
الايونات  
~ في الأملاح ٧٣  
~ في البلازما ١٨  
~ في الكهربية ١٤٩  
~ في المحاليل ٦٠  
~ في الميضية الكتلية ٦٣  
أيونات الهيدروكسيد ٧٠  
الايونوسفير ١٦٥
- ب  
باباج - شارل ١٧٢، ١٧٤  
الباثوليت ٢٢٢  
البايزات ٣٦٢  
الباراشوت ١١٩  
بارد الدم ٣٢٦، ٣٥٠، ٤٢٣  
بارسونز - تشايلز ١٤٤  
باركس - الكسندر ٨١، ١٠٠  
الباركسين ١٠٠  
البارود ٦٥  
البارومترا ١٢٧، ٢٥٠  
البارومترا المعدنية ٢٥٠  
الباريوم ٦٣  
البارلت ٢١٧، ٢٢٢  
باستور - لويس ٩٣، ٣٠٧  
باقلوف - إيفان ٣٦١  
باكلمند - ليو ١٠٠  
الباكليت ١٠٠  
«باكيتول» (كرات بكي) ٤٠  
الياهوو (اللابة الحبلية) ٢١٧  
باين جابوشكين - سيسيليا ٢٧٨  
التبعاوات ٢٢٣  
الببور، الببور ٢٢٥، ٤٠٠  
ببور سيفية الأنياب ٢٢٥  
البتروكيماويات والألياف  
الاصطناعية ١٠٧  
البثبلند (خام اليورانيوم) ٢٦،  
٢٧  
بثلات، ثويجيات ٣١٨  
البثماتيت ٣٠  
البخار ٢٣٤  
الامواج والمد والتيارات البحرية  
٢٣٥
- ~ والمناخ ٢٤٤  
جليد ~ ٢٦٨  
الضباب التافقي فوق ~ ٢٦٢  
الطرنادات المائية في ~ ٢٥٩  
مستوى سطح البحر ٢٤٧  
ملوحة ~ ٧٣  
أنظر أيضا المحيطات  
البخيرات (بيثيا) ٣٧١، ٣٨٨  
~ القوسية ٢٢٢  
المطر الحامضي و ~ ٦٨، ٧١  
البخار ١٤١  
بخار الماء ٢١، ٧٥  
~ والرطوبة ٢٥٢  
~ والسحب ٢٤٩، ٢٦٠-٢٦٣  
~ والضباب والسحب  
والضخان ٢٦٢  
~ في الهواء ٧٥  
~ والندى ٢٦٨  
بدائيات النوى (الثرينيرا) ٣١١،  
٣٤٠، ٤٢٠  
بدايات الحياة ٣٠٧  
بدنوز - جورج ١٤٩  
براج - وليام لورانس ٣٠  
براج - وليام هنري ٣٠  
برادات، ثلاجات ٥١، ١٥٥  
البراغيث ٣٧٩  
تطور ~ ٢٠٩  
الطاعون الذملي و ~ ٢١٢  
قفز ~ ٣٥٦  
براغيث الماء ٢٢٢  
برافين ٩٨  
البراكين ٢١٦-١٧  
~ التحت مائية ٢٢٤  
~ وتغير المناخ ٢٤٧  
~ وتكتونيات الكتل الصفاحية  
٢١٤  
~ والصخور النارية ٢٢٢  
~ على آيو ٢٩٠  
~ على المريخ ٢٨٩  
~ والقشرة المحيطية ٢١٠  
~ والكبريت ٤٥  
~ ونشوء الجبال ٢١٨  
~ لآيا ~ ١٤٠  
البراكين الانديزيتية ٢١٦  
البراكين البارلتية ٢١٧  
البرامج الحاسوبية ١٧٢، ١٧٤  
برامجيات الحواسيب ١٧٤  
براند - هينغ ٣١، ٤٢  
براهي - تيكو ٢٩٦  
براون - روبرت ٥٠  
برثالي المثل ٧٢  
برج الرياح ٢٥٥  
برجشوند (مهوة أخدودية  
ضخمة) ٢٢٨  
برخان ٢٣١  
البرد ٢٥٧، ٢٦٤، ٢٦٧  
البرداء، الملاريا ٣١٤  
برنج شاطيء (تمبولو) ٢٢٧  
برزيلوس - جونز ٤١، ٥٣، ٥٦  
البرق ٢٥٧  
~ وتحولات الطاقة ١٢٨، ١٧٧  
~ والتفاعلات الكهربائية ٥٢  
~ وخبات البرد ٢٦٧  
~ والكهربائية الساكنة ١٤٦،
- ٤٧، ٢٤٩  
البرك الطينية ٢١٧  
برك الندى ٢٦٨  
البرماتيات ٣٢٨-٣٢٩  
البيئة الداخلية في ~ ٣٥٠  
تصنيف ~ ٤٢١  
مدى أعمار ~ ٤٢٢  
برنارد - كلود ٢٥١  
البرماتيات ٣٥٧، ٣٨٥  
البرويان ٩٧-٩٨  
البروتينات  
~ والوراثيات ٢٦٤  
~ والتغذية ٧٨، ٢٤٢  
كبريت ~ ٤٥  
قضم ~ ٢٤٥  
بروست - جوزيف لوي ٥٨  
البروسيمات ٢٢٦  
بروكن - أشباح ~ ٢٦٩  
البروم ٤٦، ٥٠  
البرومليديات ٢٩٤  
البرونز ٢٨، ٨٨  
بريستلي - جوزيف ٤٤، ٧٤  
البريونات ٢١٢  
البريات الفضائية ٢٠٢  
البراق ٢٢٤، ٣٥٦  
البرور ٣١٧، ٣١٩  
البشرة ٩٢  
بشكال - بليز ١٢٨، ١٧٤  
بسيمر - هنري ٨٤  
البشر  
~ والتلوث ٢٧٤-٧٥  
~ والحوضر والمدن ٢٩٧  
~ والنمو السكاني ٢٧٣، ٤٢٤  
بيثات ~ ٢٦٩  
تطور ~ ٣٠٨، ٢٢٦  
البصل ٧٨، ٢٦٢  
البصلات الجديدة ٢٦٦  
بصمات الاصابع ٦٢، ٣٥٤  
البط ٢٢٢، ٢٨٢، ٨٣  
البطارق ٢٨٣  
البطاريات ١٥٠-١  
~ الجافة ١٢٩  
~ القلوية ٧٠  
~ والكهربية ١٤٨  
~ المزكم الحمضي الرصاصي ٦٨  
خارصين (زئبق) ~ ٢٦  
بطة الغنير ٢٨٢، ٢٨٢  
البطلينوسات ٣٢٤، ٣٥٥، ٣٨٥  
بطن القوجة ١٨٦  
بطنيات الاقدام ٣١٠، ٢٢٤  
البعام (الشيفانزيات) ٢٢٦، ٢٧٨  
البفوض ٢١٤  
البفن ٢٨٥  
بقى الورك ٢٦٢  
البقاري الجزيئية ٢٩٤  
البكتريا ٣٠٥، ٣١٣  
الامراض و ~ ٣٥١، ٢١٢  
~ في قاع البحر ٢٢٤، ٢٨٦  
~ والكبريتية ٤٥  
الخفات (الفيروسات) و ~ ٣١٢  
الخلايا البكتيرية ٢٢٩  
دورة النتروجين و ~ ٢٧٣  
العقاقير و ~ ١٠٤، ١٠٥  
اللبن الرائب و ~ ٨٠
- مدى أعمار ~ ٤٢٢  
مطهرات ~ ١٠٥  
البكتريا المزرقة ٣٠٧  
البكتريا الملبنة ٢٢٩  
البكرات ١٣١  
بل - الكسندر غراهام ١٦٣، ١٨١  
البلاتين ٢٢، ٢٧، ٨٦  
البلازما: حالة للمادة ١٨  
بلازما الدم ٢٤٨  
بلاك - جوزيف ٧٤  
بلانك - ماكس ١٩١  
بلج البحر ٢٢٤  
البلسارات ٢٨١، ٢٩٨  
بلوتو ٢٨٣، ٢٩٣  
إحصائيات عن ~ ٤١٨  
إكتشاف ~ ٢٩٢  
البليوتونيوم ٢٢، ١٢٦-٢٧  
البليورات ٣٠  
الاملاح البلورية ٧٣  
البثية الايونية ل ~ ٢٨  
~ السائلة ٣٠، ١٤٠  
~ في الكشف الثلجية ٢٦٦  
~ وماء التبلور ٧٥  
المعائن البلورية ٢٢١  
بثات آوى ٢٤٢  
البثج ٤٢، ١٠٥  
البثدا الاحمر ٢٨٤  
البثدات ٢٩٨  
البندول، الرقاص ١٢٦  
بثزن - روبرت ١٩٣  
بثزياس - آرنو ٢٧٥  
البثزين ٤١، ٩٦  
البثسولين ١٠٥، ٢١٥  
البثكرياس ٣٥١  
البثية الذرية ٢٤-٥  
~ والإشعاعية ٢٦-٧  
~ والأكسدة والاختزال ٦٤  
~ والترابط ٢٨-٩، ٥٢، ٥٣  
~ والجذول الدوري ٣٢-٣  
٤٠٢-٣  
~ والطاقة النووية ١١٣،  
١٢٦  
~ والظاهرة الكهروضوئية  
١٩١  
~ في المركبات ٥٨  
~ والميضية الكتلية ٦٢  
البثواء ٢٢٠، ٢٩٤  
بثوبات «أو» في الدارات المنطقية  
١٧١  
بثوبات «و» في الدارات المنطقية  
١٧١  
بثوبات «لا» في الدارات المنطقية  
١٧١  
البوتاسيوم ٢٤  
~ واختبار الذهب ٦٢  
~ والكهزلة ٦٧  
تفاعلية ~ ٦٦، ٤٠٥  
بثور - نيلز ٢٥  
بثورت - جوناثن ٢٧٧  
بثورنل - جوسلين ٢٨١  
البثورون ٢٩  
بثوش - كارل ٩٠  
البثوصلات ١٤٥، ١٥٤  
بثوفورت - الأميرال البشير  
فرانسيس ٢٥٦



بوفون - جورج لويس ٢٠٨	بيوض (ج. بيضة وبيض)	الترانزستورات	~ ~ والصُّور الهُولوغرامية	النَّدى و~ ٢٦٨
البُوكسيت ٨٧، ٤٠٧	ال ~ والتناسُل البشري ٢٦٨	~ والإلكترونيات ١٦٨-٦٩	١٩٩	تكاثُر ٢٨، ٥٢
البُؤل ٣٥٠	ال ~ والتناسُل الجنسي ٢٦٧	راديو ترانزستور ١٦٤-٦٥،	~ ~ وعِلْم الفَلَك ٢٧٣، ٢٩٧	التَّكاثُر الخيوي ٣٧٩
بولتزمان - لودفيغ ٥٠	~ الرُّواحف ٢٣٠، ٢٣١	١٦٨	تَصَوِيل خامات النُّحاس ٨٦	تَكْبِير الصُّور الفُوتوغرافية ٢٠٧
بولشترين ٩٩، ١٠٠، ٤٠٦	~ الضفادع والعلاجيم ٢٢٨	ترايتون ويزيد ٢٩٣	تَضْمِين الأمواج الراديوية ١٦٤	التَكُونِيَّات اللوحية، تَكُونِيَّات
بولنج - لينوس ٢٨	~ الطيور ٢٢٢، ٢٢٣	التُّرَب ٧٢، ٢٣٢، ٢٩٥	تَضْمِين التَّرْدُد (إف إم) ١٦٤	الكتل الصَّفائحية ٢١٤-١٥
بوليشلين ١٠٠، ٤٠٦	~ وجيدات المسلك ٢٣٥	التُّربة الفوقية ٢٢٢	تَضْمِين سَعَوِي (إي إم) ١٦٤،	٢٢٤، ٢١٨
بوليشتر، مَكْتور الإشر ١٠٧	بُيُوضات (بُيُوضات) ٢١٨،	زحف التُّربة ٢٢٢	١٦٨	تَكْسِير النُّقْط ٥٧، ٩٩، ٤٠٦
اليوم ٢٩١	٢١٩، ٢٢٨، ٢٦٥	التُّربينات	التَطَوُّر ٣٠٨-٩	تَكُون الأرض ٢١٠
بومبي ٢١٦	ت	~ البُخارية ١٤٤	النمو و~ ٢٦٢-٦٣	تَكْيِيف الهواء ١٤١
البونجر ٢٨٠		~ في مَخَطَّات القُدرة ١٦٠	~ المُتقارب ٢٩٠	تَلْسُكوب أَرَسِيوُ الراديوي ٢٩٧
بويل - روبرت ٤٩		~ الكهرومائية ١٢٤	~ والوراثيات ٢٦٤	تَلْسُكوب جَبَل سِيرودريكي ١٩٨
~ واكتشاف الفُسفور ٤٣	التأثير، التَّقْيِيع ٣١٨-١٩، ٢٦٧	~ الهوائية بِقُدرة الرِّياح ٢٥٥	تَظْهِير الأفلام ٢٠٧	تَلْسُكوب جَبَل ويلسون ١٩٨
~ ونظريَّة الحوامض ٦٩	التأثير التَّهْجِينِي ٢٦٧	ترجيحات الصُّدى ١٨٤	تَغَابِير الوُجْه ٢٥٦	تَلْسُكوب كَل ١٩٨
~ ونظريَّة الصوت ١٧٧	التاريخ	التردُّد	التَّعَاوُل ٧١	تَلْسُكوب وِيل العاكس ١٩٨
البيئة	~ الأحقوري ٢٢٥	~ والأمواج الصوتية ١٨٠	تَعَاوُل الأنظمة البيئية ٢٧١	التَلْسُكوبات (المقاريب) ١٩٨
~ الداخلية في الجِسم البَشري	~ والأزمنة الجيولوجية ٢٢٧	~ والإهتزازات ١٢٦	التَّعَايش ٣٧٩	~ الشَّمْسِيَّة ٢٨٤
٥١-٣٥٠	~ بالكربون (المُشْع) ٢٧	~ الموسيقى ١٨٧، ٤١٣	تَعْدِين الفَحْم ٢٢٨	~ على الأرض ٢٩٧
~ والأنهار والبحيرات ٢٨٨	تاكسد، أكسدة ٦٤-٦٥	تردُّد فوق العالي ١٦٦	التَّعْرِيق	~ في عِلْم الفَلَك ٢٧٣، ٢٩٦
~ والتعاش ٣٧٩	مضادات ال ~ ٩٣، ٦٥	التَّرشِيع ٦١	~ والرُّطوبة ٢٥٢	~ في الفُضاء ٢٩٨
~ والتلوث ٣٧٤-٧٥	التَّبَخُّر، التَّبَخِير	التركيز وسرعة التفاعل ٥٥	~ والغُدَّة العَرَقِيَّة ٣٥٤	مَرايا ~ ١١١، ١٩٥، ١٩٨
~ والجبال ٢٨٤	~ وتَغْيِيرات الحالة ٢٠، ٢١	التُّرموستاتات ١٤١	فَقْد الحرارة ب ~ ١٤١، ٣٥٠	التَلْسُكوبات العاكسة ١٩٨، ٢٩٧
~ والخواضر والمُدن ٢٩٧	~ وتَكْيِيف الهواء ١٤١	التُّرموشفير، الغلاف الحراري	فَقْد الملح ب ~ ٧٣	التَلْسُكوبات الكاسِرة ١٩٨، ٢٩٧
~ والسلاسل والشبكات	استعمالات ~ ٦١	٢٤٨، ٢٩٨	التَّعْرِيق الفُوتوغرافي ٤١٢	تَلْغَة المَنَالج ٢٢٨
الغذائية ٢٧٧	التَّيْبِيز، التَّقْصِير ٦٥	التُّرمومتراوات ذوات البُصيلات	التَّعْلِم ٣٦١	التَلْغرافية ١٦٢، ١٦٤
~ والشُّهوب العُشْبِيَّة ٢٩٢-٩٣	التَّجْدِيد أو التَّجْدُد ٣٦٣	الشُّخْصَة والجافَّة ٢٧٢	التَّغْذِيَّة ٣٤٢	التَلْغزيون ١٦٦-٦٧
~ والصَّحاري ٢٩٠-٩١	التَّجْغِيف ٦١	التُّرمومتراوات (موازين الحرارة)	شَوء ~ ٢٤٢	السُّوَاتِل التَلْغزيونية ٣٠٠، ١٦٦
~ والغابات المطيرة المدارية	التَّجْدُد	الرَّضْد الجَوِّي و~ ٢٥١، ٢٧٢	شَوء طَبِيعِي ٤٩	الصُّور التَلْغزيونية ٢٠٨
٢٩٤-٩٥	تَجْدُد الاطعمة ٩٢، ٩٣	الثُّروس ١٢١	التَّغْيِير الكِيماوِي ٤٩	التَلْقِيع، التَّأْيِير ٢١٨-١٩، ٢٦٧
~ وغابات المنطقة المعتدلة ٢٩٦	~ والجليد ٧٥	تَرِيشْكُوفَا - فَاالنْتِينا ٢٠٢	تَغْيِيرات الحالة ٢٠، ٢١	التَّلَوُّث ٣٧٣، ٣٧٤-٧٥، ٤٢٤
~ والغلاف الخيوي ٢٧٠-٧٣	تَغْيِيرات الحالة و~ ٢٠	تُرِيْفِيْكَ - رِيْتشارد ١٤٤	تَغَاغُل إِزَاحَة ٦٦	إِعادَة التَّدْوِير و~ ٢٧٦
~ والفضلات وإعادة تدويرها	التَّجْوِيَّة ٢٣٠-٣١، ٢٢٢	التُّزَاج ٢٦٧	التَّغَاغُلَات ٤٩	~ والاشعاعية ٢٧٣، ٢٨٢
٢٧٦	تَجْوِيَّة طَبِيعِيَّة ٢٣٠	التُّزَلِيق ١٩	تَغَاغُلَات الاكسدة والإخْتِزال	~ بالرُّصاص ٢٧٢
~ واللُّون والتمويه ٢٨٠	التَّجْوِيَّة الكِيماوِيَّة ٢٣٠	التُّسَاوُع ١١٩	٦٤-٦٥	~ بالصُّخَّان ٢٦٢
~ والمحيطات ٢٨٦-٨٧	التُّحَاث ٢٣٠-٣١	تَسَاوُط المَحَر ٢٦٤	~ والخَفَازَات ٥٦-٥٧	~ بالمَحَر الحامِضِي ٦٨، ٦٩، ٧١
~ ومناطق القطبين والتَّنْدرَا	الانهار و~ ٢٢٢، ٢٨٨	التَّسَامِي، التَّصْعُد، التَّصْعِيد ٢٠	~ العُكُوشَة ٥٤	~ الصُّنَاعِي ١١٢
اجتماع القمة لشؤون ~ ٤٠٠	خَط السَّاحِل و~ ٢٢٦	التَّسْجِيل الصوتي ١٥٥، ١٨٨	~ الكِيماوِيَّة ٥٢	~ ومَخَطَّات القُدرة ٦٤
الحفاظ على ~ الطَبِيعِيَّة ٤٠٠	الصَّخُور الرُّسُوِيَّة و~ ٢٢٣	التَّسْجِيل الصوتي النظيري ١٨٨	تَغَاغُلَات ماضَة للحرارة ٥٢	تَلَوُّث المحيطات ٢٨٧
حَقَائِق ومَعلُومَات عَن ~ ٤٢٤-٢٥	المَنَالج و~ ٢٢٨	التَّشْجِيلَات الشَّرِيطِيَّة ١٥٥، ١٨٨	تَغَاغُلَات مُطلَقة للحرارة ٥٢	تَلَوُّث المِياه ١١٢
المَجْمُوعَات الحيوانية و~ ٢٧٨	تَحَاث رُؤُوس البِر ٢٢٦	تَسْجِيلَات الفِيدِيو ١٦٦، ٢٠٦،	~ والنظريَّة الحَرَكِيَّة ٥٠	تَلَوُّث الهواء ٧٤، ١١٢، ٢٤٩
البَيَاض ٢٥١	التَّخْخَرَة ٢٢٢	٢٠٨	تَوَصِيف ~ ٥٢	التَّلَوُّنِيَّة (التَّشْبِيع اللُّوني) ٢٠٣
البيانات ١٢٠، ١٨٦	التَّخْرُك والانتقال ٣٥٦	تَسْلَا - بَقُولَا ١٦٠	حَقَائِق ومَعلُومَات عَن ~	تَماثُك ١٢٨
البيئات ٣٦٩، ٢٧١، ٢٨٨	التَّحْرِيك بالصُّوت ١٨٢	تَسُونامي (الأمواج السَّنامِيَّة)	٤٠٤ - ٥	التَّماثِيع ٢٣١، ٢٤٤
بيتز - آرثوس ٢٤٠	تَحَلُّل، تَفْكَك، تَفْكَك	٢٢٥	سُرعة ~ ٥٥	التَّماثِيع الأَمْرِيكِيَّة ٢٣١، ٢٨٩
بيتس - هنري ٢٠٥، ٢٨٠	ال ~ وإعادة التدوير ٢٧٢، ٢٩٢	تَسِيُولُكُوفُسْكي - قُسْطَنْطِين ٢٩٩	تَفْكَك، تَحَلُّل، انْحِلال ٢٧٢، ٢٩٢	تَماثِيع الهِنْد ٢٣١
بيرد - جون لوجي ١٦٧	تَحْلِيَّة، إِزَالَة المُلُوحَة ٨٢	التَّشْبِيع اللُّوني (التَّلَوْنِيَّة) ٢٠٣	تَفْكَك الجُزْئِيَّات ٥٩	تُمبُولو (بُرُزْخ شاطِئِي) ٢٣٧
بيردزاي كلارنس ٩٣	التَّحْلِيل الكَمِّي ٦٢	تَشْبِيع الطَّعام ٩٢	التَّلَوُّر ٢٠٠	التَّمَدُّد ٥٠
ببوكن - ولِيم ١٠٢	التَّحْلِيل الكِيماوِي ٦٢-٦٣	تَشْكِيل	تَقْلُون (رابع فُلور الإِيثِين المُتَعَدِّد)	التَّمْغِج ٣٥٦
البيرومترات ١٤٠	التَّحْوُل ٢٦٢	~ الرُّجَاج ١١٠	٤٦	تَمْغِجات النُّهر ٢٢٣
البيزون ٢٩٣، ٤٠٠	التَّخْلُص من النُّفَايَات ١١٢، ٢٧٦	~ اللَّدائن ١٠١	التَّقاوِيم ٢٧٢، ٢٨٢	التَّثْوِي ٢٨٠
بَيْض النُّعام ٢٢٨	تَخْلِيقُ الجُزْئِيَّات ٥٩	تَشِين - إِرِنسْت ١٠٥	التَّقْصِير (التَّيْبِيز) ٦٥	التَّناسُل (أنْظَر التَّكَاثُر)
بيكال - بحيرة ٢٨٨	التَّخْلِيقُ الصُّوْتِي ٤٩، ٧٤، ٣٤٠	التَّصَخُّر ٢٤٧، ٢٩١	التَّقْطِير ٦١	التَّناسُل الجِنْسِي ٢٦٤-٦٥، ٣٦٧
بيكربونات الصودا ٧١، ٦٩	~ ~ وتَحْوِلَات الطَّاقَة ١٢٨	التَّصَخُّر ٢٢٣	التَّقْطِير التَّجْزِئِي ٧٤، ٩٨، ٩	التَّناضُج ٢٤١
بيكربونات الصوديوم ٩٤	~ ~ واليَحْضُور ٣٥	التَّصْعُد، التَّسَامِي ٢٠	التَّقْنِيَّة الخيويَّة ٩٣	تَنانِين كَمُودو ٢٣٠
بيكريل - أنطوان ٢٦	~ ~ ضدَّ اليَحْضُور ٣٥	التَّصْفِيق ٦١	تَكَاثُر، تَناشُل	التَّنَبُّؤ بالأحوال الجَوِّيَّة ٢٧٠-١
بيكون، فرانسيس ٤٩	الأكسدة والإخْتِزال في ~ ~ ١٥	تَصْمِيم أنْسِيابي، مَشَق ١٢١	ال ~ وِبادِيَّات الحِياة ٢٠٧	التَّنْجِسْتَن ٢٢
البيوتان	قَضَلات ~ ~ ٣٥٠	تَصْمِيم مُعَاَن حاسوبيًا ١٧٥	ال ~ البَشري ٣٦٨	كَرِبِيد ~ ٨٨
~ أحد مُنْتَجات النُّقْط ٩٨	تَدابِير وَقائِيَّة	تَضْمِينُ اللَّدائن بالتَّشْكِيل الخواصِي	~ البَكْتِريَا ٣١٢	التَّنْدرَا ٢٨٢ - ٨٣
~ المُسَلِّل ٩٧	~ ~ ضدَّ الحوامِض ٦٩	١٠١	~ لاجِنْسِي ٣٦٦	أَنْظَر أَيْضًا مَناطِق التَّنْدرَا
التركيب الجُزْئِي لـ ٤١	~ ~ ضدَّ القُلُوبِيَّات ٧٠	تَصْنِيف الكائنات الحَيَّة ٣١٠-١١،	التَّكاثُف	التَّنْفُس ٦٥، ٣٤٧
روابط ~ الإِسْهامِيَّة ٢٩	~ ~ في صِناعة الكِيماوِيَّات ٨٢	٤٢٠-٢١	~ وتَغْيِيرات الحالة ٢٠-٢١	~ الخَلَوِي ٣٤٦
بيوتر ٢٨	التَّداخُل الصُّوْتِي ٢٠٢، ١٩١	التَّصَوِير الفُوتوغرافي ٢٠٦-٧	~ والضَّباب الشُّبُورَة والضُّخَّان	~ في الجِسم البَشري ٧٦، ٧٧
	التَّدْوِير - قوَى الدَّوران و~ ١٢٤	~ ~ الجَوِّي ٢٤٠	٢٦٣	التَّنْفُس الحَيَواتِي ٧٧، ٢٤٦
	التَّرابُط الكِيماوِي ٢٨-٩، ٥٢	~ ~ السِّيماني ٢٠٨	السُّكَب و~ ٢٦٢	تَنْفُس لا حَيَواتِي ٧٧، ٢٤٦



- التنقية الكهربائية ٦٧  
التواترات ٣٣١  
توازن ١١٧  
~ التفاعلات ٥٤  
~ قوى الدوران والتدوير ١٢٤  
~ مستقر ١٢٤  
توافق ١٨٦  
التوافقيات ١٨٦  
التوازن ٢٢١، ٢٠  
توت الأرض (الفرز) ٣٦٦  
التوتر السطحي ١٢٨، ١٩  
التوتر ٣٦٧، ٢٢٩  
تور (وحدة ضغط) ١٢٧  
تورنغ - الآن ١٧٥  
توريشلي - إيفانجليستا ١٢٧  
التوصيل ١٤٢  
توكاماك ١٢٧  
تومبوغ - كلايد ٢٩٢  
تويجيات (بتلات) ٣١٨  
تيار الخليج ٢٣٥  
التيار الكهربائي ١٤٨ - ٤٩  
التيار المتناوب ١٥٩، ١٦٠  
التيار المستمر ١٥٩، ١٦٠  
تيارات الخلل (الحراري) ١٤٢، ٢٥٥، ٢٦٠، ٢٦٢  
التيارات الدائرية ٢٣٥  
التيارات المحيطية ٢٣٥، ٢٤٤  
التياران النفاثان (النافوريان) ٢٥٤  
تيان ٢٩١  
التيتانيوم ٣٢، ٣٧  
التيتانيك ١٨٥، ٢٦٢  
تيتانيا ٢٩٢  
الثفا الغريضة الورق ٣٨٨  
الثفونات (الأعاصير المدارية) ٢٥٨  
تيدال - جون ٢٦٩  
ث  
ثالث فوسفات الأدينوسين (أ ت ب) ٤٣-٣٤٦  
ثاني أكسيد الكبريت  
تلوث الهواء ~ ~ ~ ٤٥، ٢٣١  
حامض الكبريتيك من ~ ~ ~ ٨٩  
ثاني أكسيد الكربون ٤٠  
إختبار تعرف ~ ~ ~ ٤٠-٤٠  
~ ~ ~ والتخليق الضوئي ٦٥، ٣٤٠  
~ ~ ~ الجليدي ٢٠  
~ ~ ~ وظاهرة الدفنيات ٤٠، ٣٧٢، ٣٤٧  
~ ~ ~ والغابات المطيرة ٣٩٥  
~ ~ ~ في الهواء ٧٤  
~ ~ ~ والمطر الحمضي ٢٣١  
~ ~ ~ والوقد الأحفورية ١٣٥  
دورة الكربون ~ ~ ~ ٢٧٢  
ثاني أكسيد النتروجين ٥٤  
ثاني فوسفات الأدينوسين (أ ب) ٤٣، ٣٤٦  
الثريا ٢٨٠  
الثعالب ٢٧٩، ٢٩٧  
ثقلب الفك ١٤٢، ٣٩٠  
الثعلب القمي ٣٩٠  
ثعلب الماء ٢٨٨، ٤٠٠  
ثقب - عيدان الـ ~ ٢٢، ٥٢  
ثقب سوداء ٢٨١  
ثلاجات، برادات ٥١، ١٥١  
الثلج ٢٦٦، ٤١٦  
~ وتكون المطر ٢٦٥، ٢٦٤  
~ والجليد ٢٢٨  
خط ~ ٢٨٤  
ثنائية المعين - شريحة ~ ١٤١  
تور (إله الرعد) ٢٥٧  
الثورة الصناعية ٧٤، ٢٣٨  
ثبات التور ٢٨١، ٢٩٢  
ثيزان التبيد ٢٨٤  
ثيران المشك ٢٨٢  
ج  
الجاذبية ١١٥، ١٢٢  
~ الأرضية ١٢٢، ١٢٥  
~ وإنعدام الوزن ٢٠٣  
~ وسرعة الإفلات ٢٩٩  
~ والسرعة الانتهاية ١١٩  
~ الصغرية ٣٠٤  
~ والطاقة الكامنة ١٢٣  
~ في النظام الشمسي ٢٨٢  
~ والمجرات ٢٧٥، ٢٧٦  
~ والنجوم ٢٨٠  
~ والنظرية النسبية ٢٨١  
ضغط الهواء بفعل ~ ٢٥٠  
جاسيرا - كويكب ~ ٢٩٤  
جاكار - جوزيف ١٧٤  
جالي - جوهان ٢٩٢  
جاليات (مستغمرات) الطيور ٢٧٨  
جاماق - جورج ٢٧٥  
جاشين - رخايس ٢٣٨  
جانيميد ٢٩٠  
جاولد - جوزفون ١٩٩  
الجبال (البينيات) ٣٨٤  
~ والطقس ٢٤٩  
~ والهياكل الثلجية ٢٦٦  
~ كأنظمة بيئية ٢٧١  
درجات الحرارة في ~ ٢٥١  
ضغط الهواء على ~ ١٢٧، ٢٥٠  
كميات المطر في ~ ٢٦٤  
مناخ ~ ٢٤٤  
نشوء ~ ٢١٠، ٢١٤، ٢١٨-١٩  
جبال الألب ٢٥٤، ٢٨٤  
جبال الأنديز ٢٥٤، ٢٨٤  
جبال الجليد ٢٢٨-٢٢٩، ٢٦٣  
جبال الروكينز ٢٨٤  
~ وظل المطر ٢٦٥  
جبال الطي ٢١٨-١٩  
الجبال الكتلية ٢١٨  
الجبال الميحادية ٢٣٠  
جبال الهيمالايا ٢١٨، ٢٨٤  
جبال النورال ٢١٨  
الجبس ٧٢  
بلورات ~ ٣٠  
~ ومقياس مؤلف ٢٢١، ٤١٥  
جبل أوليفس ٢٨٩  
جبل بيناثوبو ٢٤٧  
جبل فوجي ٢١٧  
جبل فيزوف ٢١٦  
جبل القديسة هيلانة ٢١٦  
~ كينيا ٢٨٤  
جبل واي إيلالي ٢٦٤، ٤١٦  
الجبس ٨٠، ٩٢، ٣١٥  
الجبس الباردة ٢٥٣، ٢٧٠  
الجبس الدافئة ٢٥٣، ٢٧٠  
جبس موزة ٢٥٣، ٢٧٠  
الجبس المناخية ٣٥٣، ٢٧٠  
الجبس، الشق ٢٢٧  
جبيلات الخضر ٢٢٩، ٢٤٠  
الجبيلات الغرائبية ٢٢٢  
جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩  
الجدول الدوري ٣٢-٣٣، ٤٠٢-٣  
الجربيات ٢٣٥، ٤٢١  
الجراثيم أنظر البكتيريا؛ والخمات  
جراحة ليزرية ١٩٩  
الجردان القنغرية ٢٩٠  
الجرف (الصخور الشافية) ٣١٤  
الجرف الشاطئي ٢٣٧  
جرف صخرية ٢٣١  
الجرمانيوم ٢٣  
جرينلند  
الأغصنة الجليدية في ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
الثلج في ~ ٢٦٦  
مقالج ~ ٢٢٨  
الحرر - المد ~ ٢٣٥  
جزر الشعاب المرجانية ٢٣٤  
الجزع ١٣١  
الجزيرات ٢٤  
تكسير ~ الكبيرة بالخفر ٥٧  
عد ~ ٥٣  
~ وانتقال الحرارة ١٤٢  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠، ١٤١  
~ والزوايا الإسهامية ٢٩  
~ في المحاليل ٦٠  
~ في المكثورات ٤١، ١٠٠  
~ والنظرية الحركية ٥٠  
جسر مضيق تاكوما ١٢٦  
الجسم البشري  
الأعصاب في ~ ~ ٢٦٠  
إغذاء ~ ~ ٢٤٣  
بدائل ~ ~ الاصطناعية ١١١  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٢٥٠-٥١  
التنفس الخلوي في ~ ~ ٢٤٦  
التنفس في ~ ~ ٢٤٧  
~ وإنعدام الوزن ٣٠٣  
~ والتنازل ٢٦٨  
~ والحركة ٣٥٦  
~ والطب ١٠٤-٥٠  
خواس ~ ~ ٣٥٨-٥٩  
الدورة الدموية في ~ ~ ٢٤٩  
العضلات في ~ ~ ٣٥٥  
كيمياء ~ ~ ٧٦-٧٧  
المحتوى المائي في ~ ~ ٧٥  
نمو ~ ~ وتطوره ٢٦٢-٦٣  
«الجزر» الحرارية ٢٤٤  
الجسور ١١٧، ١٤١  
~ العنبرية ١١٧  
~ القنطرية ١١٧  
جسور معلقة ١١٧  
الجسيمات  
جسيمات الجوامد ١٨  
جسيمات السوائل ١٨  
جسيمات الغازات ١٨  
~ دون الذرية ١٧، ٢٤-٢٥، ١١٢  
~ والرياح الشمسية ٢١٢  
~ والضوء ١٩٠، ١٩١  
~ ونظرية التصادم ٥٥  
~ والنظرية الحركية ٥٠  
تسارعات ~ ٢٥، ١٢٧  
الجسيمات المشحونة ٢١٢  
جغل الجراج ٢٥٩  
الجغور ٢٩٤  
الجفاف ٢٦٥  
الاسماك الزئبقية ~ ٢٨١  
فترة ~ الأطول ٤١٦  
دورات ~ ٢٤٢  
جلاء اللون ٢٠٣  
جلاباجوس - جزر ٢٠٩، ٢٣٠  
جلاشو - شلن ١١٥  
جلبرت - وليام ١٤٥، ٢١٣  
الجلد ٢٣٠، ٣٥٤  
الجلدي ٢٢٦  
الجليد ٧٥، ٢٢٨-٢٢٩، ٢٦٨  
~ وتغيرات الحالة ٢١  
~ وتكون المطر ٢٦٤  
~ وحيات البرد ٢٦٧  
~ ودرجة الحرارة ١٤٠  
~ والشعب ٢٦٠  
~ والصقيع ٢٦٨  
~ والكشف الثلجية ٢٦٦  
~ والمناطق القطبية ٢٨٢  
~ والمذنبات ٢٩٥  
الجليد الجاف ٢٠  
جليشر - جيس ٢٤٩  
الجمال ٢٤٢، ٢٩٠  
الجشمة، القحف ٢٣٦، ٢٥٣  
جمع القوى ومحصلاتها ١١٦  
الجلطة العصبية  
البيئة الداخلية في ~ ~ ٣٥٠  
الدماغ ~ ~ ٢٦١  
العضلات ~ ~ ٢٥٥  
جملة الغذاء الضم ٢٥١  
الجملة النفقية ٢٥١  
الجنادب  
آذان ~ ٢٥٨  
أعصاب ~ ٢٦٠  
~ والتخول ٢٦٢  
~ والتنمويه ٢٨٠  
صير ~ ١٨٢  
الجببات الكربونية ٢٩١  
جندوانا ٢١٥  
جنر - إدوارد ١٠٥  
الجنس ٣١٠  
الجيش البشري ٢٢٦  
الجنين ٢٦٨  
جهاز الصوت والضجيج ١٨١  
أنظر أيضا الصوت  
الجز ٢٤٨-٩، ٢٨٧  
جو الرقرة ٢٨٦  
جو المشتري ٢٩٠  
~ والاشعاع ٢٩٨  
~ والجببات ٢٥٣  
~ وطبقة الأوزون ٤٤، ٤٦  
~ وظاهرة الدفنيات ٤٠، ٢٧٢  
تلوث ~ ٢٤٩  
رطوبة ~ ٢٥٢  
الرياح ~ ٢٥٤-٦  
الغيوم في ~ ٢٦٠-٦٣  
أنظر أيضا الهواء  
الجوامد ١٨-١٩  
انتقال الحرارة في ~ ١٤٢  
تغيرات حالة ~ ٢٠  
سرعة الصوت في ~ ١٧٩  
كثافة ~ ٢٢  
النظرية الحركية في ~ ٥٠  
جوامد غير ذروية ٦٠  
جودول - جين ٢٧٨  
الجوزة الصخرية ٢٢١  
جول - جيمس ١٢٢  
الجول ١٢٢  
جوليوت - فردريك ٢٦  
جوليوت كوري - آيرين ٢٦  
جي لوساك - جوزيف لويس ٥١  
الجيتارات الكهربائية ١٨٩  
الجبس ٧٠، ٧١  
الجبس وشكرات ١٢٥  
الجينات ٢٦٤-٦٥، ٢٦٧  
الجيولوجية ٢٠٩  
الجيولوجية التاريخية ٢٢٦-٢٧  
الجيولوجية ٢٠٩  
أنظر أيضا الصخور  
ج  
الحاجز المرجاني العظيم ٢٨٧  
حار الدم ٢٢٢، ٢٥٠، ٤٢٣  
الحاسبات ١٤٥، ١٧٢، ١٩١  
الحاسبات المكمسة ١٧٠، ١٧٥  
حاسة الشم ٢٥٩  
حاسوب (أنظر حواسيب)  
الحاكي الفونوغراف ١٨٨  
حامض، حمض (أنظر حوامض)  
~ الإيثانويك ٩٩  
~ البيرونيك ٢٤٦  
~ الجلوتاميك ٣٠٧  
~ الخليك ٦٨، ٧٢  
~ الكبريتيك ٤٥، ٦٨-٦٩، ٧٢، ٨٩  
~ الكربوليك ٩٦، ١٠٥  
~ اللين ٧٧، ٢٤٦  
~ النترك ٦٨، ٩٠  
ال ~ النووي الزيني (ز ن أ) ٣١٢  
~ التخليك ٦٨  
~ الهيدروكلوريك ٦٨-٦٩، ٧٦  
الخبار (السبيدج) ٢٢٤  
جير ~ ١٠٢  
سباحة ~ ٢٥٧  
الخبليات ٤٢١  
حث الرياح ٢٢٠-٢١  
الحجاب الحاجز ٢٤٧  
الحجر الجيري (الكلسي) ٧٠، ٧٢  
تحات ~ ~ ٢٢٢، ٢٢٣  
تنشؤ ~ ~ ٢٢٣  
~ وبلاط الرصف ٢٢١  
~ والجيولوجية التاريخية



- ٢٢٦ ~ ~ والرَّخَام ٢٢٤  
~ ~ في صناعة الحديد ٨٤  
الخَجَر الرَّقْلِي ٢١٩، ٢٢٣، ٢٢٦  
الخَجَر الكِلْسِي المَحَارِي ٢٢٣  
خَجَر المِغْنَطِيس ١٤٥  
خُجَرَات مُظْلَمَةٌ لِتَظْهِير وَطْبَع  
الافلام الفوتوغرافية ٢٠٧  
خُجَرَةُ الفُفَاعَات ١٧  
الخُجْم ٢٢  
حدائق الحيوانات ٢٩٩  
خُدْقَةُ العَيْن ٢٠٤  
الحديد  
استخدامات ~ ٤٠٧  
استخراج ~ بالصهر ٨٤  
اكتشاف ~ ٢١، ٦٦، ٨١  
تفاعلية ~ ٤٠٥  
~ والفولاذ ٨٤-٨٥  
~ في الكائنات الحيّة ٢٦  
~ والمغناطيسية ١٥٤  
ضدًا ~ ٤٤، ٦٤  
مُزَكَّبات ~ ٥٨  
الحرائق  
الأكسجين و~ ٤٤  
مُكَافَحة ~ ٧١، ٦٤  
نظريّة اللاهوت و~ ٦٤  
الحرارة ١٤٠-١٤١  
إنتقال ~ ١٤٢  
بقاء ~ ١١٢  
~ والتفاعلات الكيماوية ٥٢  
~ والمُؤَصِّلَة ٢٣  
«الخُجَر الحراريّة» ٢٤٤  
الشغل و~ ١٢٢  
الحرارة الكامنة ١٤١  
حراشيف السّمك ٣٥٤  
الحرباء (ج. الحرابي) ٢٠٣  
الخُرَشَفِيَّات ٢٣٠  
الخُرّة ١٢٠  
~ والإمتهازات ١٢٦  
~ الدائريّة ١٢٥  
~ الدائمة ١٢٩  
طاقة ~ ١٢٣  
الخُرّة البراونيّة ٥٠  
خُرّة وتنفّل الحيوانات ٣٥٦-٥٧  
الحريز الصناعي (الرايون) ٨٩، ١٠٧  
الخَسَر (قِصَر البَصَر) ٢٠٤  
الخَشَرَات ٣٢٣  
الأجزاء القَمُويّة في ~ ٣٤٤  
الأجهزة العصبيّة في ~ ٣٦٠  
أحافير ~ ٢٢٥  
أصوات ~ ١٨٣  
أغزى ~ ٢٠٥  
ثُحُول ~ ٣٦٣  
تصنيف ~ ٤٢١  
التنفّس في ~ ٢٤٧  
~ وتأثير الأزهار ٣١٨، ٣١٩  
خَوَاسٍ ~ ٣٥٩  
طيران ~ ٣٥٧  
الهياكل الخارجيّة في ~ ٣٥٢  
الحصى ٢٣٧، ٢٣٠  
خصى ثلاثيّة القُرُون ٢٣٠  
الحصادة الدُرّاسة ١٣٠  
جِصَّان بَرُوزُوسْكي ٤٠٠
- ٢٣٧، ٢٢٣، ٢٢٧  
الحَفَازَات ٥٦-٥٧  
~ في تكسير النّقط ٩٩  
~ في اللّصوقات ١٠٦  
حَفَازَات الخلايا الوقوديّة ٥٦  
الحِفَاز على البيئَة الطبيعيّة ٤٠٠  
خَفَر، قُوّهات  
ال ~ الرّجميّة ٢٩٥  
حِفْظُ الأَطْعَمَة ٧٩، ٩٣  
حَلَقَات رُحَل ٢٩١  
الحَلِي ٢٢١  
الحليب (اللبن) - بَشْتَرَة ~ ٩٢  
تحضير الحَبْن من ~ ٩٢  
~ واللّبونات ٢٣٤-٢٣٥، ٢٦٨  
الحَمَات (الفيروسات) ١٠٥، ٣١٢  
~ والأمراض ٣١٢  
حَمَات الحَلَا ٣١٢  
الحَمَات (الينابيع الحارّة) ١٨، ٢١٧  
~ والدّلوات الطّباشيريّة ٣٥  
~ والطاقة الحراريّة الأرضيّة ١٣٤  
حَمَاتُ الماء والبُخار ٢١٧  
الحَمَاق ٣١٢  
الحَمَانِيَّات ٣١٢  
حَمّة قُستيفساء الخُرَاسي ٣١٢  
الخُمَر البَريّة ٢٨٤  
خُمَر الرُّزْد ٣٢٤، ٣٩٢، ٣٩٣  
الخُطَل (الحراري) ١٤٢  
خُطَل، خُبَل ٣٦٨  
فترات ال ~ ٤٢٢  
جَمَلَاج الأكسجين والاسيتيلين ٤٤  
الخُطُو العالَمي ٢٤٧، ٢٧٢  
خَمِيرُ القَبَان ٣٩٦  
خَوَارِي دُبَابَة الصُّخُور ٣٧٥  
الحَوَاس ٢٢، ٣٥٨-٥٩  
الخَوَاسِيب ١٧٣-٧٤  
الاتصالات البُعاديّة و~ ١٦٢  
استخدام ~ ١٤٥، ١٧٥  
الأصوات الإلكترونيّة و~ ١٨٩  
أَقْرَاص ~ ١٥٥، ١٧٣، ١٧٤  
تَعْرِف الكلمات بـ ~ ١٨٣  
تَتَبُّؤُ الأحوال الجويّة بـ ~ ٢٧١  
الدارات المتكاملة في ~ ١٧٠  
الروبوبات و~ ١٧٦  
~ والحاسبات ١٧٢  
~ وعِلْمُ الفَلَك ٢٩٦  
الحَوَاسِر (أُنظَر القُدُن) ١٢١  
الخَوَاسِمَة ١٢١  
الحَوَاسِص، الرُّنُك ٦٨-٦٩  
~ والأملّاح ٧٣  
~ والقواعد ٧٠  
~ وقياس الحمضيّة ٧٢  
الحَوَاسِص الأمينيّة ٣٠٧، ٣٤٥  
الحوت الأبيض ٢٨٢  
الخَوَتِيَّات ٣٢٤  
الخَوِصَلَات الخُيطيّة ٣٢٠  
الحياة على الأرض ٢٨٧  
مَافِيّة الحياة ٣٠٦  
أُنظَر أَيْضًا الحيوانات؛ والكائنات  
الحَيّة؛ والنباتات  
الحَيّة، الأفاعي ٣٣، ٣٥٩  
حَيَّات التَّلَوِي الجانبي ٣٥٦، ٣٩٠  
الحيتان ٢٨١-٢٨٦، ٨٧
- ٤٠٠  
الحيوانات  
الإبصار في ~ ٢٠٢  
أدمغة ~ ٣٦١  
الاشنان والفكّان في ~ ٣٤٤  
أصوات ~ ١٨٣  
أعصاب ~ ٣٦٠  
أعين ~ ٢٠٤-٢٠٥  
ألوان ~ والقَمُويّة ٢٨٠  
إنقراض ~ ٢٩٨-٢٩٩، ٤٢٥  
البيئَة الداخليّة في ~ ٣٥٠-٥١  
تَحْرُك وانتقال ~ ٣٥٦-٥٧  
تربية ~ ٩١  
تصنيف ~ ٣١٠-١١، ٤٢١  
تَطَوُّر ~ ٣٠٨  
التغذية في ~ ٣٤٢  
التناسل الجنسي في ~ ٣٦٧  
تنفّس ~ ٣٤٧  
جماعات ~ ٣٧٨  
حواس ~ ٣٥٨-٥٩  
~ ودورات الغلاف الخيوي ٣٧٢-٣٧٣  
~ ودورة الكربون ٤١  
~ في الحواضر والمدُن ٣٩٧  
~ في الصحاري ٣٩٠  
~ في الغابات المطيرة ٣٩٤-٩٥  
~ في مَحْمِيَّات الحياة البريّة ٤٠٠  
~ المنجحة ٢٩٣  
دَوَرَة الأكسجين و~ ٤٤  
دَوَرَة النتروجين و~ ٤٢  
شَبَات ~ الشتوي ٢٨١  
الشّطع في ~ ١٨٢، ١٨٣  
العُشيرة والتعايش في ~ ٣٧٩  
عَضَلَات ~ ٣٥٥  
فَتَرَات الخُطَل في ~ ٤٢٢  
مَدَى أَعْمَار ~ ٤٢٢  
مُعْدَل الاستقلاب في ~ ٤٢٢  
المناخ و~ ١٤٢  
نُمُو وتَطَوُّر ~ ٢٦٢-٦٣  
هَجْرَة ~ ٢٨١، ٤٢٥  
هياكل ~ الدائمة ٣٥٢-٥٣  
الوراثيّات في ~ ٢٦٤-٦٥  
حيوانات القُطْعان ٣٤٣  
الحيوانات اللَّيْلِيّة النشاط ٣٩١  
أُنظَر أَيْضًا اللَّبُونَات  
خَيُومَات ٢٧٠
- خ  
الخارصين، الرُّنُك  
تفاعلية ~ ٤٠٥  
~ والطلاء الكهربائي ١٤٩  
~ في البطاريات ٢٦  
الغَلْفَة بـ ~ ٦٦  
خارطة بيتز ٢٤٠  
الخاصّة الشعريّة ١٢٨  
خام كبريتيدي ٨٦  
خامات الترونا ٩٤  
خامات الحديد ٨٤، ٢٢١  
خامس أكسيد الفاناديوم ٨٩  
خائق الكرسنة، الكشوت ٣٧٩  
الخَبَث ٨٤  
الخَبز ٨٠، ٩٣  
الخُح ٢٢٢، ٢٢٨، ٢٨٩
- خُثَرَات الدَّم ٣٤٨  
الخُدْع البَصَرِيّة ٢٠٤  
خُرَانِط ٢٠٩، ٢٤٠  
خُرَانِط الإسقاط الأسطواني ٢٤٠  
خُرَانِط الإسقاط السّفّيني ٢٤٠  
خُرَانِط الإسقاط المَحْرُوطِي ٢٤٠  
~ الطّقس ٢٥٠، ٢٥٣، ٢٧٠، ٤١٦  
~ النجوم ٢٨٢  
الخُرَانِطِيَّات ٢٤٠  
الخُرَاطِين (ديدان الأرض) ٣٢١، ٣٥٢، ٣٦٠  
خُرَاف البَحْر ٢٨٩  
خُرَانات ٨٣  
الخُرَفِيَّات ١٠٩  
الخُصُوف والخُصُوف ٢٠١، ٢٨٥  
الخُشَب ١٠٨، ٤٠٧  
خُشْبِين، لِجْنِين ١٠٨، ٣٥٢  
الخُشْخَاش ٢١٨  
خُشِيف ٢٢٨  
الخُصْبِيَّات ٢٦٨  
الخُصْب ١٠٢  
~ ولون الجِلْد ٢٠٣، ٣٥٤  
خُطُ الإسْتِواء  
~ والتّيارات المحيطيّة ٢٣٥  
~ والمناخ ٢٤٤  
تَرَجَات الحرارة و~ ٢٥١  
شكل الأرض حَوْل ~ ٢١١  
تُطَق الرُّهُو الاستوائي ٢٥٤  
خُطُ يَلْمُسُول ٤٠٨  
~ تساوي الضّغط ٢٥٠، ٢٧٠  
الخُطُ الجانبي في الأسماك ٢٥٨  
خُطُ الطُول ٤١٤  
خُطُ العَرْض ٤١٤  
الخُطاطيف ٢٩٧  
خُطُوط الإقْتِصَاص في أطياف  
النجوم ٢٧٨  
خُطُوط الانابيب ٨٢  
خُطُوط السّاحل ٢٢٦-٢٧  
خُطُوط فراونهوفر ١٩٢  
الخفافيش ٢٢٤  
تَطَوُّر ~ ٢٠٨  
صَرِير ~ ١٨٣  
مَبِيّت ~ ٢٩٧  
الخَل ٦٩  
خلايا  
التنفّس الخلوي ٢٤٦  
~ الأوّلِيَّات ٣١٤  
~ البكتيريا ٣١٢  
~ التناسل الجنسي ٣٦٧، ٣٦٨  
~ الدَّم ٢٤٨  
~ الدُمَاغ ٣٦١  
~ الكائنات الحيّة ٢٢٧، ٣٣٨-٣٩  
ال ~ الكهربائيّة ١٥٠-٥١  
ال ~ الوراثيّة ٢٦٤-٦٥  
نُمُو ال ~ ٢٦٢-٦٣، ٢٦٥  
خلايا أكسيد الرُّنُك ١٥٠  
الخلايا الجافّة ١٥٠-١  
الخلايا الحيوانيّة ٢٢٧، ٢٢٨  
الخلايا الشّمسِيّة ٣٩، ١٣٤، ١٥١  
الخلايا الضّعفانيّة ٣٦٥  
خلايا فَرْدَانِيّة (أحادية
- الصّبغِيَّات) ٢٦٥  
الخلايا القُطْبَانِيّة الصّوئيّة  
(الشّمسِيّة) ٢٩، ١٣٤، ١٥١  
خلايا كَهْرَصَوِيّة ١٩١  
خلايا اللَّحَاء الداخلي ٢٤١  
خلايا النّسِيج الخَشْبِي ٢٤١  
خلايا النيكل والكاديوم ١٥٠  
الخُلجان الإفْجِيجِيّة (الفَيُورِدَات) ٢٣٦  
خُلْدُ الماء البطني المُتَقَار ٢٣٥  
خَلِيّة (انظر خلايا)  
خَلِيّة كهربائيّة من ليمونة حامضَة ١٥١  
الخمائر ٣١٥  
الاختِمَار بـ ~ ٨٠، ٩٣  
تكاثر ~ ٢٦٦  
خنازير الهند ٢٩٣  
الخَنَافِيس ٣١١، ٣٥٢  
~ القاذفة ٢٢٢  
خَوَاقِت المصَابِيع الكهربائيّة ١٥٣  
الخُوطَان القُطْرِيّة ٢١٥  
الخيار ٢١٨  
الخياشيم ٢٢٧، ٢٤٧، ٢٤٩  
الخَيْل ٢٠٨، ٤٠٠  
الخيما ١٧، ٦٠  
د
- الداء السُّكْرِي ١٠٥  
دائرة البرُوج ٢٨٢  
الدَابَّات الكَسَالِي ٣٩٤  
داجير - لويس ٢٠٧  
الدَّارِات ٧٢  
دَارَات التّوازِي ١٥٢، ١٥٣  
دَارَات التّوَالِي ١٥٢، ١٥٣  
الدَّارَات الكهربائيّة ١٥٢-٥٣  
~ المتكاملة ١٧٠-٧١  
~ والمِغْنَطِيسِيّة ١٥٥  
لُوحَات ~ ١٤٩، ١٧٠  
قِصَاصِر أو قِطَاطِع ~ ١٦١  
الدَّارَات المتكاملة ١٧٠-٧١  
~ في الحاسبات ١٧٢  
~ في الحواسيب ١٧٢  
الدَّارَات المنطقيّة ١٧١  
داروين - تشارلز ٣٠٩، ٣٦٩  
ذاتون - جون ٢٤، ٥٣  
الدايودات ١٦٨-٦٩  
الدايودات الضّوَاءَة ١٥١، ١٦٩، ١٩٣  
ذُبَال ٢٢٢، ٢٧٦  
الدَّيْبَة  
~ والإشعّات الشّتوي ٢٨١  
~ والتغذية ٢٤٢  
~ القُطْبِيّة ٢٨٢، ٤٠٠  
الدُّنَارُ الأَرْضِي ٢١٢  
يَكْتُونِيَّات الكُتَل الصّفْوانِيّة  
و~ ٢١٤  
الصّخُور البُرْكَانِيّة و~ ٢٢٢  
النُّطُوق الحارّة في ~ ٢١٧  
الدَّرَاجَات  
إِحْتِكَاك ~ ١٢١  
دينامُوات ~ ١٥٩  
منافع ~ ١٩، ٥١  
دُرُوب التّثَانَة ٢٧٤-٧٧، ٢٨٠



دَرَجَاتُ الحرارة ١٤٠-٤١، ٢٥١	الديان الغزويّة ٣٢١، ٣٨٥	راتينج إيوكسي ١٠٦	الرّمات ٢٤٣	ز
تأثير ~ ~ في سرعة التفاعلات ٥٥	الديان المؤدرة ٣٢١	راتينج سبيكا ٣١٧	الرّمّل	
~ ~ وتغيّرات الحالة ٢٠	الديان المؤرخية ٢٤٣	راج - كليمنت ٢٥٨	أسيّة ساحليّة زمليّة ٢٣٧	الزئبق
~ حرارة الجسم ٣٥٠، ٤٢٣	الديان المستطحة ٣٢١، ٣٦٠، ٤٢١	رشد، ساقّ مذادة ٢٦٦	تحات ~ ٢٣٠	الإنسليم ب ~ ٢٧٤
~ ~ والطّفس ٢٥١، ٤١٦	ديفي - همفري	الرّادون ٤٨	التّرب ~ ٢٣٢	البارومترات الزئبقية ١٢٧، ٢٥٠
~ حرارة النجوم ٢٧٩	إكتشافات ~ ٦٧	الرّاديو ١٦٤-٦٥	الجيوولوجيّة التاريخيّة و ~ ٢٢٦	~ في الجدول الدوري ٢٢
~ ~ اللونيّة ٢٠٢	~ والكهولة ٢٤	الأمواج الراديويّة ١٦٤-٦٥، ١٧٧	الرّجاج و ~ ١١٠	هلاله سطح ~ ١٢٨
~ ~ والمناخ ٢٤٤، ٢٤٧	~ ومصباح الأمان للمعدّنين ٢٣٨	~ والإلكترونيات ١٦٨	الشواطيء الرّمليّة ٢٢٧، ٢٨٥	الرّباب ٢٤٣
مقاييس ~ ~ ١٢٨، ١٤٠، ٤٠٨	ديمقريطس ٢٤	~ والطيف الكهرومغناطيسي ١٩٢	كُتبان ~ ٢٢٧، ٢٣١	الرّباب الشجرية ٢٣٤
درهام - وليم ١٧٩	ديفيلر - غوليب ١٤٤	~ والهواتف النّقولة ١٦٣	الرّموز	رُبْد المَرجرين ٦٥
الدّزوك الكيويّ ١٠١، ٢٧٦	الديناموات ١٥٩	عِلْم الفلّك الرّاديويّ ٢٩٨، ٢٩٩	~ الكهربيّة والإلكترونيّة ٤١١	الرّجاج ١١٠
الدّعائم الرّافرة ١١٧	الديناميات الحراريّة ١٣٨	مضبّط الجهارة في جهاز ~ ١٥٣	~ الكيماويّة ٥٣	البُورون و ~ ٣٩
الدّعاسيق ٢٨٠	الدينصورات ٢٧٥، ٢٣٠	رّاديوم ٢٦، ٣٥	رُموز الطّقس ٤١٦	~ البلّوريّ المرصص ٢٨
دفاعات الجسم ٢٥١	أحافير ~ ٢٢٥، ٢٢٦	رّاسيّات الأقدام ٢٢٤	رُموز الوحدات الدّوليّة ٤١٠	~ والقنّسات ١٩٧
دُقّع رافع (علوي) ١٢٩	أسماء ~ ٣١١	الرّاكونات ٢٤٢، ٢٧٩	ر ن ا (الحامض النّوريّ الزيّبي)	~ الفوتوكرومي ٢٠٠
الدفع النفات ٣٥٧	إنقراض ~ ٢٢٧، ٢٣١	رامزي - السّير وليم ٧٤، ٤٨	في الحُفانيات ٢١٢	صُنْع ~ ٤٠٦
الدّلافين ١٨٥، ٣٠٨، ٣٣٤	تطوّر ~ ٣٠٨	زايّد - سالي ٣٠٢	زتين ١٨٢	لدائن مُعزّزة ب ~ ١١١
دلوّات جليديّة ٢٦٨	ديوار - جيمس ١٤٢	الرّئيسيات ٣٣٦	الروابط الإشيائية ٢٨، ٢٩	الرّجاج اللّوحيّ المُعوم ١٠٠
الدّم ٣٤٨، ٣٥٠	الديوتيريوم ١٣٦، ١٣٧	رايلي - اللورد ٧٤، ٧٤	الروابط الأيونيّة ٢٨	الرّجاج اللّيفي ١١١
دوران ~ ٣٤٩	ذ	الرايون (الحريير الصّناعي) ٨٩، ١٠٧	روابط الدّهانات ١٠٢	رُخف التّربة ٢٣٢
هيموغلوبين (يُخْمور) ~ ٧٧		الرّبو ١٠٥	رؤاّد الفُضاء ٣٠٢-٣	رُحل ٢٨٣، ٢٩١
وُطائف ~ ٣٥١		الرّبتلاء ٣٩١	~ ~ وإصلاح السّواتل ٣٠٠	إحصانيّات عن ~ ٤١٨
الدّماغ ٣٦١	الذّباب ٢٧٨، ٤٠٠	الرّئيّة (الروماتيزم) ٢٧٢	~ ~ وانعدام الوُزن ١٢٥	حلقات ~ ٢٩١
تُحكّم ~ بالعضلات ٣٥٥	ذاكرة الحاسوب ١٧٤، ١٧٥	الرّئيّة (الروماتيزم) ٢٧٢	~ ~ والتنفس في الفضاء ٧٠	السّوابر الفضائيّة إلى ~ ٢٧٣
~ والإبصار ٢٠٤	ذاكرة قراءة فقط (رم) ١٧٤	الرّجُم ٢٩٥، ٣٠٧، ٤١٨	~ ~ والصّواريخ ٢٩٩	٢٩١، ٣٠١
~ والجملة العصبيّة ٣٦٠	ذاكرة الوُصول العشوائيّ ١٧٤	رُجُم بارينجر ٢٩٥	~ ~ ومخططات الفُضاء ٣٠٤	الرّزاعة
~ والحواس ٣٥٨	الذّباب	الرّجُم النيّزيكّي ٢٨٧	طّعام ~ ~ ٩٢	الإفتيسال في ~ ٣٦٦
~ ومراقبة الجسم ٣٥٠	أجنحة ~ ٣٥٧	الرّجُم ٢٢٤، ٢٦٨	قُبوط ~ ~ على القمر ٢٨٧	الجفاف و ~ ٢٦٥
د ن ا (الحامض النّوريّ الزيّبي)	أعين ~ ٢٠٥	الرّحيق، المغنّث ٣٤٢، ٣٨٠	الروافع ١٣٠، ١٣١	الرّطوبة و ~ ٢٥٢
المُنفقوص الأكسجين ٢٢٨	أبيض ~ ٣٠٧	الرّخام، المغنّث ٢٢٤	الروبوطات ١٧٦، ٣٠٦	الرّي في ~ ٢٢٣
~ والانقسام الخلوي ٢٦٢	الذّباب الحوام ٢٨٠	رُخّتر - شارل ف ٢٢٠	~ والحواسيب ١٧٢	~ الغضويّة ٩١
~ والحُمات ٣١٢	ذباب الكاديس ٢٤٣	الرّخويّات ٣٢٤	~ والسّوابر الفضائيّة ٢٧٣، ٣٠١	الطّقس و ~ ٢٤١
~ وعلوم الطبّ الشرعي ٦٢	الذّبابات ١٢٦	تصنيف ~ ٣١٠، ٤٢١		الكيمياء الزراعيّة ٩١
~ والفُسفانات ٤٣	أنظر الاهتزازات	مُحار ~ ٣٠٦، ٣٥٢		الرّزافي ٢٧٩، ٢٩٢
~ والوراثيات ٢٣٧، ٣٦٤-٥	فترة ~ ١٢٦	الرّزان ٢٦٤		الرّزنيخ ٣٩، ٦٣
الدّهانات ١٠٢، ٢٠٣	الذّبل ٢٣١	ردفورد - إرنست ٢٥، ١٢٧		زعانف الأسماك ٢٢٧
الدّهنيّات (الأليفاتيات) ٤١	دُرى صخريّة مُنغزلة ٢٢٩	ردفورد - دانيل ٧٤		الرّزغفران ١٤٠
الدّهون	ذراع التحكّم في الحاسوب ١٧٣	رّسيل - آني ٢٤٢		الرّزغبات ٢٨١
التغذية ب ~ ٢٤٢	ذكاء الحواسيب ١٧٥	رّسيل - هفري نورس ٢٧٩		الرّزقيات ٣٢٥، ٣٨٥
كيمياء ~ ٧٨	ذكور الضفادع ٢٢٨	الرّصاص ٣٨		الرّزكام ٣١٢
قُصم ~ ٢٤٥	الذهب ٢٦-٢٧	~ واختبار اللّهب ٦٣		الزلازل ٢٢٠
الدواليب ١٢١	إختيار ~ ٦٢	~ والتلوث ١١٢، ٢٧٢		الرّمن الجيولوجي ٢٢٧، ٤١٤
دولر - كريستيان ١٨٠	تفاعليّة ~ ٦٦، ٤٠٥	~ في الجدول الدوري ٢٣		الرّنابق الفُرجونيّة ٤٠٠
دوران - قويّ ال ~ والتدوير ١٢٤	~ كناتج ثانوي في استخراج النحاس ٨٦	تفاعليّة ~ ٤٠٥		الزنابير ٧١، ٢٢٣، ٢٩٦
دورة الماء ٢١، ٢٧٣	نقاوة ~ ٥٩	رُشد الاخوال الجويّة العالميّة ٢٧١		زنابير الغُصص ٢٩٦
دورة المُغذيات ٢٩٢	دُهَب المُغفلين ٦٢	الرّصيص، القُصّة ٢٢٣		الرّنك (أنظر الخارصين) ٤٨
دولابا الدّراجة ١٢١	الدّوائل (الضّفديّات الذليّة) ٢٢٩، ٢٢٨	رّصيف قارّي ٢٢٤، ٢٨٧		الرّزّون ٤٨
دولارات الرّمّل ٣٢٥	ذوات الفلّقتين ٢١٨، ٤٢٠	الرّطوبية ٧٥، ٢٥٢، ٢٧٢		الرّزّة ٢٨٦
دوماغ - جيرهارد ١٠٥	ذوات الفلّقتين ٢١٨، ٤٢٠	الرّعد ١٤٧، ١٧٧، ٢٥٧		إحصانيّات عن ~ ٤١٨
دويّ إختراق جدار الصّوت ١٧٧، ١٧٩	ذوات المضراغتين ٢٢٤	رّعن (خُزف حادّ) ٢٢٨		جُو ~ ٢٤٨، ٢٨٦
الدّويدات الحمراء ٢٧٥	الدّويانيّة ٢٣	رُفّع الأثقال ١١٦		السّوابر الفضائيّة إلى ~ ٢٠١
الديانوميّات، المُشطورات ٣٥٢	الدّوق ٣٥٩	رُفّع الطائرة ١١٤، ١٢٨		نُشأة ~ ٢٨٢
ديجيتوكسين ١٠٤	ذيل مُهايا للقبض ٢٩٥	الرّفّليزيا ٢١٨، ٢١٩		الرّوابيع ٢٥٨ - ٢٥٩
الديان ٣٢١	دُيول الخيل (السُكَب) ٢٦١	الرّقااص (البُندول) ١٢٦		مُضادات ~ ٢٥٣
الجُمل العصبيّة في ~ ٣٦٠	ر	الرّقااقات (أنظر الدّارات المُتكاملة) ٧١-١٧٠		الرّوايف ٢٣٠-٣١
ديان الأرض (أنظر الخراطين)	رثات ٢٤٧	الرّقااقات السّليكونيّة ١٧٠-٧١		تصنيف ~ ٤٢١
ديان أعماق البخار ٢٨٦	ال ~ والدورة الدمويّة ٢٤٨	الرّقااقات الصّغريّة (أنظر الدّارات المُتكاملة) ١٢٥		تطوّر ~ ٣٠٨
الهيكل الدّاعمة في ~ ٣٥٢	~ الطيور ٢٢٢	رُكام المُتالج ٢٢٨		مُنى أعمار ~ ٤٢٢
الديان الخلفيّة ٢٢١، ٤٢١	راتينج ١٠٦، ٢٢٥، ٣١٧	رُم (ذاكرة قراءة فقط) ١٧٤		الرّوثروب ٢٠٨
ديان الرّيفتيا ٢٢١، ٢٨٦		رُماة المُطرقة ١٢٥		زوين (أعمدة طليّة) ٢٣٠
				زيت الغاز ٩٨
				زئوليت ٥٦



السابر الفضائي جيتو ٢٩٥  
السابر الفضائي غاليليو ٢٠١  
~ ~ ~ والبطاريات النووية ٢٧  
~ ~ ~ والكويكبات ٢٩٤  
~ ~ ~ والمشتري ٢٩٠  
السابر الفضائي يوليسيز ٢٨٥، ٢٠١  
سابر سبر الخلفية الكونية  
(كوبي) ٢٧٥  
ساحل، شاطئ ٢٢٧، ٢٢٦  
الساعات ١٢٦، ١٥٠  
~ التبدلية ١٢٦  
~ الذرية ٢٤  
~ الكيماوية ٥٤  
~ والمزلة الشمسية ٢٠١  
سافنا ٢٩٢  
ساق مذابة (رند) ٢٦٦  
الساماويوم ٢٧  
الشبابك ٢٨، ٥٩، ٨٨  
~ وأشياء الفلرات ٢٩  
~ الفولاذية ٨٥  
~ القصديرية ٢٨  
الشباخة ٣٥٧  
سباقات التسارع ١١٩  
الشبكات الحرجية (الإفرجليدز) ٢٨٩  
الشبكات الحثية ٢٢٨، ٢٨٩  
الشبر بالصدى ١٨٥  
شبالانزي - لازاو ٣٠٧  
سبوتنيك ٣٠٠  
الشبيجات (الحباريات) ٣٥٧، ٢٢٤  
الشبيجات والدفع الثق ٢٥٧  
سبيكة اللحام ٨٨  
ستراونيتز - فردريخ كاكوله فون ٤١  
ستراسمان - فريتر ١٢٧  
السترنشيوم ٣٥  
ستوديوالت التسجيل ١٨٨  
~ ~ الصوتي ١٥٥، ١٨٨  
ستيفنسون - جورج ١٤٢  
ستينو - نقولاوس ٢٢٦  
شحابة متاجة (خيال متاجع) ٢١٦  
الشخب ٢٤٩، ٢٦٠-٦١  
إشيمطار ~ ٢٦٥  
~ والبرذ ٢٦٧  
~ والبرق ١٤٧  
~ والبرق والرعد ٢٥٧  
~ والتمتد بالاحوال الجوية ٢٧١، ٢٧٠  
~ والثلج ٢٦٦  
تكون ~ ٢٦٢  
جبهات ~ ٢٥٣  
~ والمطر ٢٤١، ٢٦٤  
شخب ذيلية مخضربة ٢٦١  
الشخب الزكامية ٢٦٠، ٦١  
الشخب الزكامية المزنية ٢٦١، ٢٦٤  
الشخب السحاقية ٢٤٩، ٢٦٠-٢٦٠  
٦١  
الشخب الطبقي ٢٦٠-٦١

الشخب الطبقي المزنية ٢٦١، ٢٦٤  
سخذ، مشيمة ٢٦٨  
شد أسوان ٢٨٨  
السدم ٢٧٤، ٢٧٦  
السودود ٢٨٨  
سديم السرطان ٢٨١، ٢٩٧، ٢٩٨  
الشراب ١٩٦، ٢٦٩  
الشرابس ٣١٦، ٤٢٠  
الشرابس الشجرية ٢١٦  
السرطان - داء ~ ٢٧، ١٠٥  
السرطانات (السلطعونات) ٢٢٢  
دم ~ ٢٤٨  
~ الشاطئية ٢٨٥  
~ الناسكة ٢٧٩  
الشقائق البحرية و~ ٢٧٩  
محار ~ ٣٥٢  
يرقانات ~ ٢٦٢  
الشرعة ١١٨  
~ والتسارع ١١٩  
شرعة الأسماك ٢٢٦  
شرعة الإفلات ٢٩٩  
شرعة الرياح ٢٥٦  
شرعة الصوت ١٧٩  
شرعة الضوء ١٩٠-٩١، ٢٧٤  
~ نسبية ١١٨  
سرعة (اتجاهية) ١١٨، ١١٩  
السرعة النهائية ١١٩  
الشزعوفة (فرس النبي) ٢٢٢  
السرمانات  
دورة حياة ~ ٢٢٢، ٢٦٢  
يرقانات ~ ٢٤٤، ٢٨٨  
الشطوح الانسيابية الرفعة ١٢٨، ٣٥٧  
شطوح الطرق ٢٢٢  
الشطوح المائلة ١٢١  
السعادين ٢٢٦  
زعيق ~ ١٨٣  
~ في الغابات المطيرة ٢٩٤، ٢٩٥  
سعة  
~ الأمواج الصوتية ١٨٠، ١٨١  
~ الذبذبات ١٢٦  
الشغلة (الأورانغوتان) ٢٣٦، ٢٩٥  
الشغل، سوء التغذية ٣٤٢  
الشغن  
~ وخط يلمسول ٤٠٨  
شغن تنبؤات الاحوال الجوية ٢٧١  
شونار ~ ١٨٥  
الشغن الهوائية ٤٧  
سقاطات الأبواب الكهرومغنطيسية ١٥٦  
الشقط المشع ٢٧  
الشكريات ٢٣، ٣٠، ٧٩  
الشك الحديدية أنظر القطار  
الشكوية ٢١٧  
سلاجف المياه العذبة ٢٢١  
الشلاسل الغذائية ٣٧٧  
الشخب بداية ~ ~ ٢٩٢  
~ ~ في الانتهاز ٢٨٨  
~ ~ في المحيطات ٢٨٦  
الشلال الموسيقية ١٨٧  
الشلام - عبد ١١٥

الشحنات ٢٢١، ٢٨٥  
سلسلة التفاعلية ٦٦، ٤٠٥  
سليسيوس - أنذرز ١٤٠  
السلطعون (السرطان) ٢٢٢  
سلم ديسيل ١٨١  
السلمون المرقط (التروته) ٢٢٧، ٢٨٨  
السليكا  
~ في الصخور البركانية ٢٢٢  
~ في قشرة الأرض ٢١٠  
~ في هياكل المشطورات ٢٥٢  
السليكون ٢٩  
سبائك ~ ٢٩  
~ في الجدول الدوري ٢٢، ٢٣  
~ في شبه الموصلات ١٤٩  
السليولوز ٢٢٩، ٢٤٥، ٢٥٢  
السليولويد ١٠٠  
السماء - زرقة ~ ٢٠٠، ٢٦٩  
~ عند المغرب ٢٦٩  
~ ورصد الطقس ٢٧٢  
سماء كظهر الإسقمري ٢٦١  
أنظر أيضا الجوز  
سماد ٩١  
السمابر ٢٢٨، ٢٢٩  
السمابر الميكسيكية (أجزولوتل) ٢٢٨، ٢٢٩  
السمابر ٢٢٨، ٢٢٩  
سمابر الألم ٢٢٩  
سمافات النخل الإفريقية ٢٢٢  
السمة، الميسم ٢١٩  
الشفع ١٨١-٨٢، ٢٥٨  
الشفعية ١٨٤  
شمك أبو شمس ٢٨٦  
شمك الزئكة ٢٨٧  
(شمك) الشغن (اللياء) ٢٢٦  
شمك الكراكي ٢٤٢  
شمكة الشك (الزيمورا) ٢٧٩  
(أنظر الأسماك)  
شموم الأظعمة ٧٩، ٢٧٧  
الشميكة (لأجسة السكر) ٢٢٢  
السنجاب ٢٦٤، ٢٩٦  
السنة  
طول ~ ٢١١  
السنون الضوئية ٢٧٤  
سنتيغراد ٤٠٨  
سنل - قلبوررد ١٩٦  
الشهب العرجية الطبيعية  
(البينيات) ٢٧١، ٢٩٢-٩٣  
~ ~ الألية ٢٨٤  
الشهب المغشبة (الستيس) ٢٩٣  
شهل فيضية ٢٢٢  
الشهل المتضخمة ٢٦٥  
سوء التغذية (الشغل) ٢٤٢  
السوائل ١٨-١٩  
انتقال الحرارة في ~ ١٤٢  
التوتر السطحي لـ ~ ١٢٨  
سرعة الصوت في ~ ١٧٩  
~ وتغيزات الحالة ٢٠-٢١  
ضغط ~ ١٢٧  
ضغط ~ الهيدرولي ١٩  
المحاليل السائلة ٦٠  
مزيجات ~ ٥٩  
النظرية الحركية في ~ ٥٠  
~ الأمروجة ٥٩

~ المزوجة ٥٩  
السوابر الفضائية ٢٧٢، ٢٠١  
~ ~ إلى أورانوس ٢٩٢، ٢٠١  
~ ~ إلى زحل ٢٩١، ٢٠١  
~ ~ إلى الزهرة ٢٠١  
~ ~ إلى الشمس ٢٨٥، ٢٠١  
~ ~ إلى عطارد ٢٠١  
~ ~ إلى القمر ٢٠١  
~ ~ إلى الكويكبات ٢٩٤  
~ ~ إلى مذنب هالي ٢٩٥، ٢٠١  
~ ~ إلى المريخ ١٧٦، ٢٠١  
~ ~ إلى المشتري ٢٩٠، ٢٠١  
~ ~ إلى نبتون ٢٩٢، ٢٠١  
~ ~ فايكنغ ١٧٦، ٢٨٩، ٢٠١  
~ ~ فوياجر ٢٧٢، ٢٠١  
~ ~ فاريتر ٢٨٦، ٢٠١  
سوابر لونا الفضائية ٢٠١  
السوابر والأسماء الكيماوية ٤٠٤  
السوائل ٣٠٠  
~ والاتصالات البعدية ١٦٢، ١٦٣  
~ ~ التلفزيونية ١٦٦، ٣٠٠  
~ ~ والجاذبية ١١٥  
~ ~ ورسم خرائط الأرض ٢٤٠  
سوائل الاتصالات ١٦٤، ١٦٥  
سوائل التنبؤ بالاحوال الجوية ٢٧٠، ٢٧١  
سوائل رصد الطقس ٢٥٨، ٣٠٠  
مواد صنع ~ ١١١  
الشوق الخدانة (الأراد) ٢٦٦  
الشونار ١٨٥  
الشويداء ٢٦٢  
شويداء الظل ٢٠١  
السيارات  
بطاريات ~ ١٥١  
تسارع ~ ١١٩  
الرؤيوطات و~ ١٧٦  
شرعات ~ ١١٨  
سوق ~ في الضباب ٢٦٢  
~ ذات المحولات المخفزة ٥٧  
~ العاملة بالبطاريات ١٥١  
~ العاملة بالهدروجين ٤٧  
محرركات ~ ١٤٣، ٦٥  
مرايا الشوق ١٩٥  
مسافات توقف ~ ١١٩  
معايير الوقود في ~ ١٥٧  
مكايح ~ ١٩، ١٢٨  
السيال (السليكا والالومنيوم) ٢١٠  
السيار ١٨٦  
سيراك ٢٢٨  
السيويلازم ٢٢٨  
سيروس ٢٩٤  
السيروميترات ٢٢٠  
السيروميوم ٢٤١  
سيلاكنت - سمكة الـ ~ ٢٣٤  
السيما (السليكا والمغنسيوم) ٢١٠  
السينما ٢٠٨  
ش  
شاتون - إدوار ٢٢٨

شادوف أرخميدس ١٢١  
شادويك - جيمس ٢٥  
شارونيه - الكونت هيلار ١٠٧  
شارون ٢٩٣  
شاشات الحواسيب ١٧٢  
شاطيء، ساحل (أنظر شواطيء)  
شالتر - جورج ٢٩٩  
الشامبو ٩٥  
شبتال - جان أنطوان ٨٩  
الشبكات الخليوية في الهواتف  
النقولة ١٦٢  
الشبكات الغذائية ٣٧٧  
شبكة توزيع الإمداد الكهربائي ١٦٠  
الشبكة الهوائية الباطنة ٢٢٨  
شبكة العين ٢٠٤، ٢٠٥  
شبه الظل ٢٠١  
شبه الموصلات ٣٩، ١٤٩  
الترانزستورات و~ ~ ١٦٩  
النارات المتكاملة و~ ~ ١٧٠  
الليازر و~ ~ ١٩٩  
الشبورة ٢٦٠، ٢٦٣  
الشبيكات ١٨  
~ البلورية ٢٨، ٣٠  
الشساء ٢١١  
شمال - جورج ٦٤  
شجر التنوب (الشوح) ٢١٧  
الشجر العريض الورق ٢٩٦  
شجرة منجمل اللونية ٢٠٣  
الشحوم والصابون والمنظفات ٩٥  
شرايح ثنائية المعدن ١٤١  
الشرايف ٢٢٨  
الشرائق ٢٦٢  
الشرايين ٢٤٩  
الشرشوريات ٢٠٩، ٢٢٢  
شرم، وإر غاطس ٢٢٦  
شريط سمعي رقمي ١٨٨  
الشريطيات ٢٢١  
الشست ٢٢٤  
الشطوط ٢٢٢  
شع الشمس ٢٤٢  
شع العناكب ٢٢٢  
الشعاب المرجانية ٢٢٢، ٢٢٤، ٢٨٧  
شعبة ٣١٠  
الشعر أو الوبر ٢٥٤  
الشغيرات ٢٤٩  
الشغل ١٢٨-٢٩  
~ والطاقة ١٣٢-٣٣  
شقان - تيودور ٢٢٨  
الشفات  
~ الثنائية ٤١١  
شفات الأعمدة التسعيرية  
وقاراتها الليزرية ١٩٩  
شفرة موزس ١٦٢، ٤١١  
الشفشاف ٢٦٤، ٢٦٦  
الشفق الجنوبي ٢١٢  
الشفق الشمالي ١٤٠، ١٥٤، ٢١٢  
الشفتين ٢٢٦، ٢٥٢  
شفويات الأقدام ٢٢٢  
الشق (الجئون) ٢٢٧  
الشقائق البحرية ٢٢٠، ٢٨٥  
تكاثر ~ ~ ٢٦٦  
السرطانات الناسكة و~ ~ ٢٧٩







- ال ~ النووية ١٣٦-٣٧  
قياس ال ~ ١٣٢  
كفاية ال ~ ١٣٩  
مصادر ال ~ ١٣٤-٣٥، ٤٠٩  
خاكة التنشيط ٥٢  
طاقة الحرارة الأرضية ١٣٤  
طاقة الخزكة ١٣٢، ١٣٨  
طاقة كامنة، طاقة الوضع ١٣٢، ١٣٨  
طاقة الكتلة الحيوية ١٣٤  
الطاقة الكيماوية ١٣٢، ١٣٨  
طاقة مُتجددة ١٣٤  
الطاقة النووية ١١٣، ١٣٦-٣٧  
~ ~ والإشعاعية ٢٧  
~ ~ والتلوث ٢٧٢، ٢٨٣  
~ ~ والتفاريات ١٣٦  
طاليس المُلطي ١٤٥  
الطب ١٠٤-٥  
~ الشرعي ٦٢  
المنظار الداخلي في ~ ١٩٦  
الطباشير  
الآتية ~ ية ٢٣٢  
الاسم الكيماوي لـ ~ ٥٣  
تكوّن ~ ٢١٤  
خصائص ~ ٢٣  
~ في البنابيع الحارة ٢٥  
الطباعة ٢٠٣، ٢٠٧  
الطباعة الرباعية الألوان ٢٠٣  
الطبّخ ٧٨  
الطبّخ على ضَغْط مُرتفع ٢٠  
طبقات الأرض ٢٢٦-٢٧  
طبقة الأوزون ٢٤٨  
ثقب في ~ ~ ٤٦، ٥٧، ١١٢، ٢٧٥، ٢٨٣  
وظيفة ~ ~ ٤٤  
الطبول ١٨٧  
الطحالب ٣١٦، ٤٢٠  
تصنيف ~ ٤٢٠  
تكاثر ~ ٣٦٧  
~ والتلوث ٣٧٥  
~ والتلج القرنفل اللون ٢٦٦  
~ الزرقاء المخضرة ٣٠٧  
طحالب الزئة ٢٨٣  
مُزج الألوان ٢٠٣  
مُزفة العين ٣٥٦  
الطرنادات (الاعاصير الدوامية) ١١٤، ٢٥٩  
الطُرورية ٢٣  
طريقة صولفي ٩٤  
طريقة فَرَش ٤٥  
الطُفَرَات الوَرائية ٣٦٤  
طُفرة الصَّهق ٣٦٤  
الطُفل (الصِّلصال والطَّين) ٢٢٢  
التَّرب الصِّلصالية ٢٢٨، ٢٢٢  
تكوّن ~ ٢٢٣  
~ والجيولوجية التاريخية ٢٢٦  
~ والطَّين النَصيج ٨١  
~ والفَخَّاريات ١٠٩  
~ الصِّيني ١٠٩  
الطُفُو ١٢٩  
طُفول الأَدغال (الغلاجو) ٢٢٦  
الطُفليّات ٢٧٩  
ديان طفيلية ٢٢١  
نباتات طفيلية ٣١٨
- الطُّقس ٢٤١، ٤١٧  
أقواس قُزح و~ ٢٦٩  
البرق والرَّعد و~ ٢٥٧  
بيوت ~ ٢٥٢  
التننُّو بأحوال ~ ٢٧٠-٧١  
الثلج و~ ٢٦٦  
جبهات ~ ٢٥٣  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٦-١٧  
خرائط ~ ٢٥٠، ٢٥٣، ٢٧٠، ٤١٦  
درجة الحرارة و~ ٢٥١  
رصد الأحوال الجوية العالمية ٢٧١  
رصد ~ ٢٧٢  
الرياح و~ ٢٥٤-٥٦  
سوائل ~ ٣٠٠  
شَّع الشمس و~ ٢٤٢  
الطرنادات و~ ٢٥٩  
~ والأعاصير ٢٥٨  
~ والبرق ٢٦٧  
~ والبرق ٢٤٨-٤٩  
~ والبرقية ٢٥٢  
~ والسُّحب ٢٦٠-٦٢  
~ والصقيع والندى والجليد ٢٦٨  
~ والضباب والشميرة ٢٦٣  
~ والضخان ٢٦٣  
~ والضغط الجوي ٢٥٠  
الغُضول و~ ٢٤٣  
قوى ~ ١١٤  
المطر و~ ٢٦٤-٦٥  
أُنظر أيضًا المناخ  
الطقسوس ٢١٧  
جلاء الأظافر ١٠٣  
الطلاء الكهربائي ١٤٩، ٦٧  
الطَّلَق (التَّك) ٢٢١  
الطَّواحين الهوائية ١٣٣، ١٣٤، ٢٥٥  
طوافي الرصد الجوي ٢٧١  
الطوب ١٠٩  
الطُّوقان ٢٩٤  
الطول الموجي  
~ ~ والألوان ٢٠٢  
~ ~ للأمواج الصوتية ١٨٠  
طول النهار ٢١١  
طوشون - ج.ج. ٢٥، ٦٣  
طوشون - وليم، (أُنظر كَلْفَن - اللورد)  
طليّات مُخدبة ٢١٩  
طليّات مُقشرة ٢١٩  
طليّار (أُنظر الطليّان)  
طليّار آلي ١١٩  
الطليّارات ٣٥٧  
الطليّان  
المُطوح الإنسيابية الرائعة و~ ١٢٨  
الطيور و~ ١٢٨، ٢٥٧  
قوى ~ ١١٤  
مُركبات المُحاكاة و~ ١٧٥  
طليّان الطيور الإنسيابي ٢٥٧  
الطليّان  
~ الشمسي ٢٨٤  
~ الضوئي ١٩٣، ٢٠٢
- عُتْ عُبار المنازل ٢٥٤  
العُد في النظام الثنائي ١٧٢، ٤١١، ١٧٤  
عُدادات جُيخِر ٢٧  
عُدادات (مقاييس) الشَّرعة ١١٨  
العُدارية (الهيدرا) ٣٦٦  
العُدَّة الذُّري ٢٤، ٣٢-٣  
عُدسات ١٩٧  
~ التليشكوبات ٢٩٧  
~ الكاميرات ٢٠٨، ٢٠٦  
~ النظارات ٢٠٤  
عُدسات العُين ٢٠٤، ٢٥٨  
عُدسات فريزل ١٩٧  
العُدسات اللاصقة ٢٠٤  
العُدسات المُخدبة ١٩٧، ٢٠٤  
العُدسات المُقشرة ١٩٧، ٢٠٤  
العُدسات المُكبَّرة ١٩٧، ١٩٨  
عُرس، مُشيج ٢٦٤-٦٥، ٢٦٧  
العُروض بالبلورات السائلة ٢٠، ١٤٠  
العُزل الحراري لتقليل فقد الحرارة ١٤٢  
العُشرة والتعائش ٣٧٩  
العُضبونات ٢٤-٢٥، ٢٦٠-٦١  
العُصر الأردوقيسي ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩  
عُصر الأوليجوسين ٢٢٩  
العُصر الإيوسيني ٢٢٩  
عُصر الباليوسين ٢٢٩  
العُصر البرمي ٢٢٧، ٢٢٩  
عُصر البليستوسين ٢٢٩  
العُصر الثالث ٢٢٧، ٢٢٨  
العُصر الثلاثي ٢٢٧، ٢٢٩  
«العصر الجليدي الصغير» ٢٤٢، ٢٤٦  
العصر الجوراسي ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩  
عُصر الحياة العتيقة ٢٢٧، ٢٢٩  
العصر الديفوني ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩  
العُصر الرابع ٢٢٧  
العُصر السيلوري ٢٢٧، ٢٢٩  
العُصر الطباشيري ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩  
العُصر الكربوني ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩  
٢٣٨  
العُصر الكمبري ٢٢٧، ٢٢٩  
عُصر الميوسين ٢٢٩  
العُصور الجليدية ٢٢٧  
~ ~ والشواطئ المُرتفعة ٢٢٧  
~ ~ والمُتالج ٢٢٨-٢٩  
~ ~ والمُناخات المُتغيرة ٢٤٦  
الغُضلات ٣٥٥  
~ والتنفُّس الخُلوي ٢٤٦  
~ والتنبُّل ٢٥٦  
~ والطاقة ١٢٢، ١٢٣  
~ والكهرباء ١٥١  
غُضُو جاكوشون ٢٥٩  
غُضَيّات ٢١٤، ٢٢٨-٢٩  
غُطارِد ٢٨٦  
احصائيات عن ~ ٤١٨  
خُفَر ~ ٢٨٦  
الشواير الفضائية إلى ~ ٢٠١
- ~ الكهرمغناطيسي ١٩٢، ٤١٢  
طيف النجوم ٢٧٨  
طيف الالبيعات الذُّري ٦٢  
الطيور ٣٣٢-٣  
أذمغة ~ ٢٦١  
أعشاش ~ ٢٢٢  
ألوان ~ ٢٨٠  
إنسياب ~ فوق التيارات  
الحرارية الصاعدة ٢٦٢  
أنواع ~ المهذبة ٢٩٨  
تصنيف ~ ٤٢١  
تطوّر ~ ٢٢٧، ٢٠٨، ٢٠٩  
تعائش ~ ٢٧٩  
تكاثر ~ ٢٦٧  
طيران ~ ١٢٨، ٢٥٧  
~ على الشواطئ ٢٨٥  
~ في الخواضر والمُدن ٢٩٧  
~ في الغابات المطيرة ٢٩٤-٥  
~ في المناطق الرطبة ٢٨٩  
~ في المناطق القطبية ٢٨٢-٢  
مَدَى أعمار ~ ٤٢٢  
مُستعمرات ~ ٢٧٨  
مُطيور أبو الجح ٢٥٠  
الطيور الأفغانية ٢٨٩  
مُطيور البخر ٢٨٥  
الطيور الحياكة ٢٣٢  
مُطيور الخُرشة القطبية (الشمالية) ٢٨٢  
الطيور الرُفافة ٢٢٢، ٢٨٨  
الطيور الطنانة ٣٤٢  
مُطيور العرائش ٢٦١  
مُطيور الفزْدوس ٢٩٥  
مُطيور الكوي ٢٢٢  
مُطيور نقار الخشب ٣٩٦
- ظ  
ظاهرة الانقلاب والضخان ٢٦٣  
ظاهرة تيندال ٢٦٩  
ظاهرة الدُفَيّات ٤٠، ٢٤٧، ٢٧٢  
ظاهرة دوّيلر ١٨٠  
الظاهرة الكهرضوئية ١٩١  
الظباء ٣٩٣  
ظباء الدُفَيّ ٢٩٢  
ظباء الشيف ٢٩٣  
الظريان ٣٩١  
الظل، الظلال ٢٠١  
سويداء ~ ٢٠١  
شبه ~ ٢٠١  
ظواهر وتأثيرات غير عادية في  
أنماط الطقس المُتغيرة ٢٦٩  
~ الأصوات الإلكترونية  
والمُؤثرات الخاصة ١٨٩
- ع  
عائلة ليكي ٢٣٦  
العاشيات  
أسنان ~ ٢٣٤، ٢٤٤  
إغذاء ~ ٢٤٢، ٢٤٣  
عائسات التيار ١٥٨  
عُباد الشمس ٧٢  
عُتاء الحواسيب ١٧٣، ١٧٤  
العُت ٣٠٥
- نشأة ~ ٢٨٢  
الغطالة ١٢٠، ١٢٥  
الغطاريات ٤١  
العظام  
الأحافير العظمية ٢٢٥  
~ والروايات الشعبية عن  
الطقس ٢٧٢  
كاسيوم ~ ٢٥، ٤٢  
أُنظر أيضًا الهياكل الداعمة  
الغضائية ٢٣٠، ٢٥٠  
عُفن البطاطس ٣١٥  
العقارب ٢٢٢، ٢٩١  
العقاقير ١٠٤-٥  
العُقبان ٢٩٤  
العُقد التوجية والتوافقيات ١٨٦  
الغلاجيم ٢٢٨، ٢٩١  
~ في الصحاري ٢٩١  
~ كافات ٢٩٩  
علاجيم القُصَب ٢٩٩  
الغلامات التيارية  
~ ~ الجيولوجية ٢٢٦  
علامات الطقس في التُراث الشعبي ٢٧٢  
الغلق ٢٢١، ٢٨٨  
عِلْم الارصاد الجوية (أُنظر  
الطقس)  
عِلْم الحياة أُنظر الحيوانات؛  
والكائنات الخية؛ والنباتات  
عِلْم الصُّخور ٢٠٩  
عِلْم الفلك ٢٧٢، ٢٧٤، ٢٩٦  
~ ~ الراديوي ٢٩٧، ٢٩٨  
أُنظر أيضًا القُضاء؛ والنُجوم؛  
والكُورن  
عِلْم الكونيات ٢٧٤  
عِلْم المناخ الشَّجري ٢٤٦  
عِلْم وَصَف طبقات الأرض ٢٢٦-٢٧  
٢٧  
عُصى الألوان ٢٠٥  
عُصر النُصف والإشعاعية ٢٦  
عملية باير ٨٧  
عملية الوُزن ٦٢، ١٢٤  
عمود قولنا ١٥٠  
العناصر ٣١  
~ والجدول الدوري ٢٢-٢٣، ٢٢-٤٠٢  
~ والمُركبات والمزيجات ٥٨-٥٩  
العناصر الذُّرة ٧٧  
العناكب الوُفقية ٢٢٢  
العُنكبوتيات ٢٢٢، ٤٢١  
العُنكبوتيات  
إبصار ~ ٢٥٩  
أشعاع ~ ٢٢٢، ٢٩٧  
تطوّر ~ ٢٠٩  
الهَضْم في ~ ٢٤٥  
العوازل  
~ وخصائص المادة ٢٢، ٢٣  
~ الكهربائية ١٤٨  
العواصف  
السُّحب المُنزرة بـ ~ ٢٤٩  
~ والبرق والرَّعد ٢٥٧  
~ الدوامية المدارية ٢٥٨  
~ والرياح ٢٥٦  
~ والطرنادات ٢٥٩  
~ ونار القديس إلمو ٢٦٩



فليمينغ - السَّير الكسندر ١٠٥  
٣١٥  
الفهود ٣٩٢، ٣٥٦  
فوبوس ٢٨٩  
الفوتوشفير ٢٨٤  
الفوتونات، الكمّات الضوئية ٢٤  
~ والليزر ١٩٩  
~ ونظرية الكم ١٩١  
فوكس تالوت - وليم ٢٠٧  
الفولاد، الصلب ٢٢، ٨١  
الحديد و ٨٤-٨٥  
غلقنة ٦٦  
محتوى ~ من الكربون ٨٨  
المغانط الفولاذية ١٤٥، ١٥٥  
قولتا - إلساندرو ١٥٠  
الفولفوكس ٣١٦  
الفونوغرافات، الحاكيات ١٨٨  
القياسيات ٧٩، ٣٤٢، ٤٢٢  
فيثاغورس ١٨٧  
الفيروسات (الخمات) ٣١٢  
فيروسات الإيدز ٣١٢  
الفيرومونات ٣٥١، ٣٥٩  
فيزاليوس - أندرياس ٢٢٧  
فيزو-إيبوليت ١٩١  
الفيضانات ٢٢٢، ٢٤٧، ٢٦٤  
فيل البحر، الفظ ٢٨٢  
الفيليبين ٢٤٧  
الفيثولفثالين ٧٢  
الفيوردات النرويجية ٢٢٦

## ق

القار ٩٨  
قار الفحم ٩٦  
القارنات الليزرية في المتاجر  
الكبرى ١٩٩  
القارنات  
تكون ~ ٢١٠  
بكتونيات الكتل الصفائح  
٢١٤-١٥  
نشوء الجبال ٢١٨  
القارة القطبية الجنوبية  
الانجراف القاري في ~ ~ ~  
٢١٥  
بيئات ~ ~ ~ ٢٨٢  
جليد ~ ~ ~ ٢٢٩، ٢٤٦  
درجات الحرارة في ~ ~ ~  
٢٥١  
الرياح في ~ ~ ~ ٢٥٥  
طبقة الأوزون فوق ~ ~ ~  
٢٨٢، ٣٧٥  
القارة القطبية الشمالية ٢٧٥،  
٢٨٢  
القارورة الخوائية ١٤٢  
(قارورة) الصاروخ ١٤٢  
قاعدة برنولي ١٢٨  
قاعدة بشكل ١٢٨  
قاعدة اليد اليسرى لفليمينغ ١٥٨  
قاعدة اليد اليمنى لفليمينغ ١٥٩  
القائم ٢٨٠  
قانون أرخميدس ١٢٩  
قانون أفوجادرو ٥١، ٤٠٤  
قانون أوم ١٥٢  
قانون بويل ٥١، ٤٠٤

~ وعلم الفلك ٢٩٦  
~ والنظام الشمسي ٢٨٢  
الكواكب في ~ ٢٨٦-٩٢  
الكون و ~ ٢٧٤-٧٥  
كويكبات ~ ٢٩٤  
المجرات في ~ ٢٧٦-٧٧  
المذنبات في ~ ٢٩٥  
النجوم في ~ ٢٧٨-٨٢  
النيازك في ~ ٢٩٥  
الفلكس، الناسوخ ١٦٢  
الفضة ٢٦، ٢٧  
تفاعلية ~ ٦٦، ٤٠٥  
~ كمثنج ثانوي في النحاس ٨٦  
هاليدات ~ ٤٦  
الفصلات ٣٧٦  
إفراغ ~ ٣٥٠  
الفطر القسلي ٢٩٦  
الفطر الفاريقونية ٢١٥  
الفطريات ٣١٥  
اغذاء ~ ٢٤٢  
تصنيف ~ ٣١١، ٤٢٠  
~ والغابات المطيرة ٢٩٤  
مدى أعمار ~ ٤٢٢  
الفظ (فيل البحر) ٢٨٢  
الفعالية، الكفاية ١٣٠، ١٢٩  
الفقاريات ٢٢٦-٢٦  
أنظر أيضا الحيوانات؛ والجسم  
البشري  
تصنيف ~ ٤٢١  
عضلات ~ ٣٥٥  
هياكل ~ الداعة ٢٥٢  
الفقايق ١٢٨، ٢٠٢  
فقد الحرارة ١٤٢  
فقد النشب ٢١٥  
الفقمات ٣٩٩  
الفقمات الزاهية ٣٩٩  
الفكان ٣٤٤  
الفيلزات ٢٢، ٢٣  
أشياء ~ ٣٩  
تاريخ ~ ٦٦  
الترايط الفلزي ٢٨، ٢٩  
تمدد ~ ١٤١  
خصائص ~ ٢٢، ٢٢  
سباتك ~ ٥٩، ٨٨  
سلسلة التفاعلية ل ~ ٦٦  
جلاء ~ بالكهرباء ٦٧  
~ واختيارات اللهب ٦٢  
~ في الجدول الدوري ٢٢  
~ الوضعية ٣٨  
~ القلوئية ٣٢، ٣٤  
موصلية ~ ٢٩، ١٤٢  
فلزات الأتربة القلوئية ٣٥  
الفيلزات الإنشائية ٣٦  
فلزات خزفية ١١١  
أنظر أيضا كل فلز بشفرده  
الفلسفار ٢٢١، ٢٢١، ٢٣١  
الفلط ١٥٠  
الفلطمرات ١٥٢  
الفلطية الكهربائية ١٦٠  
فلقة (ورقة البرة) ٣١٨، ٣٦٢  
الفلوجستون (اللاهوب) ٦٤  
فلوري - هوارد ١٠٥  
الفلوريت ٤٦، ٧٢، ٢٢١  
الفلوريدات ٤٦

(الفاعلية) الإشعاعية ٢٦-٢٧  
الأزمة الجيولوجية و ~ ٢٢٧  
اشقة جاما و ~ ١٩٢  
الإضمحلال الإشعاعي ٤٠٢  
الطاقة النووية و ~ ١٢٦  
~ والتلوث الإشعاعي ٢٧٢،  
٣٨٢  
الفاكهة - اسبراز ~ ٧٩  
فاين - فريديك ٢١٤  
فتائل الصمجات ١٦١، ١٩٢  
فتحات الكاميرات ٢٠٦  
فترات الخلل ٤٢٢  
فترة الذبذبات (الاهتزازات) ١٢٦  
الفتوج ٢٣١  
الفتح ٢٣٨  
استعمالات ~ ٤٠٧  
تعدين ~ ٢٢٨  
تكون ~ ٢٢٣، ٢٢٥  
الضخان و ~ ٢٦٢  
~ والجيولوجية التاريخية ٢٢٦  
~ والكربون ٤٠  
~ والمتفجرات ٥٥  
محطات القدرة العاملة ب ~  
١٣٥  
مخزون ~ ١٢٥  
مُنتجات ~ ٩٦  
فحم بيتوميني ٢٢٨  
الفتح الثباتي ٤٠  
الفتار ١٠٩  
الفتاريات ٨١  
الفتاش  
أساربع ~ ٢٦٢  
تمويه ~ ٢٨٠  
الحفاظ على ~ ٤٠٠  
فراش الخلع البرتقالية الرقطاء  
٤٠٠  
فراش الرزد ٢٨٩  
فرانكلين - بنجامين ١٤٧  
فرانكلين - روزالند ٣٦٤  
فوجونا المَحرك الكهربائي ١٥٨  
فوط المغذيات ٢٧٢  
فوقعات الشوط ١٧٩  
فرمي - أنريكو ١٣٧  
فرنيهي - غنريال دانيال ١٤٠  
الفرو - تجارة ~ ٣٩٩  
الفريز (توت الأرض) ٣٦٦  
فريزل - أوغسطين ١٩٧  
فشانين - ريجنلد ١٦٤  
الفشغانات ٤٢  
الفشغرات التلغزيونية ١٦٧  
الفشفور ٢٣، ٤٣  
الفشكاشات (المشجرة) ٣٩٢  
فصل التزيجات ٦١  
الفصول ٢١١، ٢٤٣  
الفضاء ٢٧٣  
إنشغال الحرارة في ~ ١٤٢  
الإنسان في ~ ٣٠٢-٣  
التلشكوبات في ~ ٢٩٨  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٨-١٩  
١٩  
السوائل القضاية ٣٠٠  
الشمس و ~ ٢٨٤-٨٥  
الصواريخ القضاية ٢٩٩  
الصوت والصوء في ~ ١٧٧

~ ~ والمقرب ٢٧٢، ٢٩٧  
~ ~ ونظرية الحركة ١٢٠  
غبار الطلع ٢١٨-١٩  
غناء ٧٥، ٩٥  
الغدة الدرقية ٢٥١  
الغدة النخامية ٢٥١، ٢٦١  
الغدة الصم والهرمونات ٢٥١  
الغذاء المنظم ٢٤٢  
أنظر أيضا الأغذية  
الغراء ١٠٦  
الغرافيت ٤٠  
الغرانيت ٢٢١  
تجوية ~ ٢٣١  
تكون ~ ٢٢٢  
~ ونشوء الجبال ٢١٨  
غرف لا صدوية ١٨٤  
غروب الشمس، المغيب ٢٦٩  
الغريزة ٢٦١  
الغزلان ٢٤٢، ٢٩٢  
الغضروف ٢٥٢  
غطاء الشكولا ٢٩٠  
الغطاسات المتوجة ٢٦٧  
غل مان - موري ٢٥  
الغلاف الكوي ٣٧٠-١  
دورات في ~ ~ ٣٧٢-٣  
الغلاف الجوي الخارجي  
(الإكسوسفير) ٢٤٨  
الغلاف الحراري (الترموسفير)  
٢٤٨، ٢٩٨  
الغلاف السفلي (التروپوسفير)  
٢٤٨-٤٩  
شعب ~ ~ ٢٦١  
~ ~ والإشعاعات تحت الحمراء  
٢٩٨  
الغلاف الصخري ٢١٢، ٢١٤  
الغلاف الطبقي (الستراتوسفير)  
٢٤٨  
الغلاف اللوني ٢٨٤  
الغلاف المائع ٢١٤  
الغلاف المتوسط (الميزوسفير)  
٢٤٨، ٢٩٨  
الغلاف المغنطيسي ٢١٢  
غلغاني - لويجي ٣٥٥  
غلقنة ٦٦  
الغلوكاجون ٢٥١  
الغلوكوز  
صيغة ~ الكيماوية ٧٩  
~ والتخليق الضوئي ٢٤٠  
~ والتنفس الخلوي ٢٤٦  
~ في الكبد ٧٦، ٧٧  
هضم ~ ٢٤٥  
الغواصات ١٢٧، ١٢٩  
الغواصون وضغط الماء ١٢٧  
غودارد - روبرت ١٤٤، ٢٩٩  
الغووص ١٢٩

## ف

الفائدة الآلية ١٣١  
فاير - جان هنري ٢٢٢  
فارادي - مايكل ٦٧، ١٥٩  
الفيران ٣٠٦، ٢٤٥  
الفيران البحرية ٢٢١  
فارة الحاسوب ١٧٢

الغواص ٢٠٦، ٢٧٥، ٢٨٦  
العوز - أمراض ~ ٢٤٢  
الغوشق ٢٢٢  
عيد الميلاد - الطقس في ~ ~  
٢٤٢  
عبدان الثقاب ٤٢، ٥٢  
عبري - ج.ب. ٢١٨  
العنجان ٢٠٤  
جراحة العين ١٥٧  
~ والإبصار ٢٠٤-٥، ٢٥٨،  
٥٩  
~ والطرف ٢٥٦  
~ والعدسات ١٩٧  
نباييث شبكة العين ٢٢٨  
العيون المركبة ٢٠٥

## غ

الغابات  
~ وتكون الفحم ٢٢٨  
~ الصنوبرية ٢٨٤  
~ التنفسية ٢٨٤  
الغابات المطيرة  
بيئات ~ ~ ٢٧١، ٢٩٤-٩٥  
الرطوبة في ~ ~ ٢٥٢  
مناخ ~ ~ ٢٤٤  
الغابات المطيرة المدارية ٣٩٤-  
٩٥  
غابات المناطق المعتدلة ٢٧١،  
٣٩٦  
غاريقون الذباب ٢١٥  
الغاز ٢٣٩  
استخدامات ~ ٤٠٧  
غاز الفحم ٩٦  
مخزون ~ ١٢٥  
مُنتجات ~ ٩٧  
الغاز الطبيعي ٩٧، ٢٣٩  
الغازات ١٨-١٩  
إختبارات تعرف ~ ٤٠٤  
الاستشراب الغازي ٦٢  
انتقال الحرارة في ~ ١٤٢  
تجميع ~ ٤٠٤  
تفاعلات ~ ٤٠٤  
تمدد ~ ١٤١  
شعة الصوت في ~ ١٧٩  
شوك ~ ٥١  
ضغط ~ ١٢٧  
~ وتغيرات الحالة ٢٠  
~ والضوء الملون ١٩٢  
~ المضغوطة ١٩  
~ النبيلة ٤٨  
~ والنجوم ٢٧٨، ٢٨٠  
~ والنظرية الحركية ٥٠  
القوى في ~ ١٢٨  
كثافة ~ ٢٢  
محاليل ~ ٦٠  
الغازولين ٩٨  
غاغارين - يوري ٣٠٢  
الغاق الشاغي ٢٨٥  
غاليليو غاليلي ١٢٧  
~ ~ ورقاص (بندول) الساعة  
١٢٦  
~ ~ ومراقبة الكواكب ٢٨٦،  
٢٩٠، ٢٩١



- قانون جريام «جراهام» في إنتشار الغازات ٤٠٤  
قانون جي لوساك ٥١، ٤٠٤  
قانون سيل ٤١٢  
قانون شارل ٥١، ٤٠٤  
قانون الغاز المثالي ٤٠٤  
قانون قبل ٢٧٤  
قانون هوك ١٢٣  
قَتامين، ميلانين ٣٥٤  
القحف، الجمجمة ٣٥٣، ٣٢٦  
القذَر: قياس نُصُوع النُجوم ٢٨٢  
القُدرة، الشغل ١٣٣  
القُدرة البخارية ٢١  
تربينات ~ ~ ١٤٤  
مُحَرَّكات ~ ~ ١٤٣، ١٣٣  
مَحَطَّات ~ ~ ١٦٠  
القُدرة الشمسية ١٣٥  
~ ~ والخلايا الفلطاينة  
الضوئية ١٣٤  
~ ~ والسوايل ١١٥  
~ ~ ومَحَطَّات القدرة ١٩٠  
القُدرة الكهربائية ١٣٤، ٢٣٣  
القُدرة الكهربائية ١٣٤، ٢٣٣  
أنظر أيضًا الطاقة  
الفراد ٣٢٢  
القِرْدَة العوامة ١٨٣  
القِرْدَة الكُلبية ٣٣٦  
القِرْش  
حراشف ~ ٣٥٤  
~ وسَمَك الرُّيمورا ٣٧٩  
هيكل ~ ٣٥٣، ٣٢٦  
قرنا الإسيتشعار ٣٥٩، ٣٥٨  
القُرْنِيَّة ٢٠٤  
القُرود ٣٣٦  
(أنظر أيضًا القردة)  
قُرْبِدس ٣٧٥  
القُرْجِيَّة (في العين) ٢٠٤  
القِشْرَة الارضية ٢١٠، ٢١٢، ٢١٤  
القِشْرَة القارية ٢١٠  
القِشْرَة المحيطية ٢١٠  
القِشْرِيَّات ٣٢٢، ٣٤٨، ٤٢١  
قُشْعِريرة ٣٥٠  
قُشُور، مَحَار، دُبُل  
دُبُل السِّلَاحف ٣٣١  
قُشُور البيض ٣٣٢، ٣٣٣  
مَحَار الرُّخويات ٣٢٤، ٣٥٢  
القُصَافَة ٢٣  
القُصْدِير  
أَشَابَات (سباتك) ~ ٣٨  
~ والرُّجَاج المَعُوم ١١٠  
~ في الجَدُول الدَّوري ٢٣  
قِصْر البَصَر (الخسر) ٢٠٤  
القُصُور الدَّائِي (العطالة) ١٢٠، ١٢٥  
القُصَاعَات (ثعالب الماء) ٣٨٨، ٤٠٠  
القُضبان المِغْنَطِيسِيَّة ١٥٤  
القُضْبَة (الرَّصِيص) ٢٢٣  
القُطَّارَات  
~ والقاطرات البخارية ١٤٣  
~ الكهربائية ١٥٨، ١٤٨  
قطارات التوسيد المِغْنَطِيسِيَّة ١٥٦  
القُطْب الجنوبي للأرض
- بيئيات ~ ~ ٣٨٢  
دَرَجَات الحرارة في ~ ~ ~  
٢٥١  
الفُصول في ~ ~ ~ ٢١١  
المَجَال المِغْنَطِيسِي ~ ~ ~  
٢١٣  
القُطْب الجنوبي للمِغْنَطِيس ١٥٤، ١٥٥  
القُطْب الشَّمَالِي  
بيئيات ~ ~ ٣٨٢  
دَرَجَات الحرارة في ~ ~ ~ ٢٥١  
فُصول ~ ~ ~ ٢١١  
مَجَال ~ ~ المِغْنَطِيسِي ٢١٣  
القُطْط  
جُلود ~ ٣٩٩  
خَوَاس ~ ٣٥٨  
الوراثيات في ~ ٣٦٥  
القُطُن ١٠٧  
قُفُوف الجِلْد (قُشْعِريرة) ٣٥٠  
القُفْلَيس الجِلْدِيَّة ٢٢٨-٢٢٩  
~ ~ والثلج ٢٦٦  
~ ~ على المَرِيخ ٢٨٩  
~ ~ في العصر الجِلْدِي ٢٤٦  
القُفْل ٣٥٥، ٣٤٩  
القُفُولِيَّات ٧٠-٧١  
صناعة ~ ٩٤  
قياس القُفُولِيَّة ٧٢  
القَمَر (قَمَر الأرض) ٢٨٨، ١٩٤  
أوجه ~ ٢٨٨  
جاذبية ~ ١٢٢  
خُسُوف ~ ٢٨٥، ٢٠١  
خُفَر ~ ٢٨٧  
رُؤَاد ~ ٧٤، ٢٩٩، ٣٠٣  
السُّوَابِر الفُضَائِيَّة إلى ~ ٢٨٨، ٣٠١  
~ وعِلْم الفَلَك القديم ٢٩٦  
المَدَّ والجَزَر وجاذبية ~ ٢٣٥  
هالات ~ ٢٦٠، ٢٦٩  
وَقَاد ~ ٢٧٣  
القَمَرَة المُظْلَمَة ٢٠٦  
القِشْعِيَّات ٣١٩، ٣٨٠  
القُفْل ٣٢٢، ٣٥٤  
القُنَابِل الذَّرِيَّة ١٢٧  
القُنَابِل النُّوَوِيَّة ١٢٧  
قُنَادِيلُ البَحْرِ ٣٢٠، ٣٢٥، ٣٦٣، ٣٨٥  
قُنَاطِر رُؤُوس البَر ٢٣٦  
القُنَاغِر ٣٣٥  
قُنَافِذُ البَحْرِ ٣٢٥  
قُنُوقُ غَلْبَة المُجُوهَرَات ٢٧٩  
قُنُوقُ نَجْمِي ٢٨٠  
القَوَابِس الكهربائية ١٦١  
القَوَارِير  
أَسْنَان ~ ٣٢٤، ٣٤٤  
تَغْذِيَة ~ ٣٤٢  
القَوَارِير الرُّجَاجِيَّة ١١٠  
القَوَاعِد (الأسنان الأمامية) ٣٤٤  
القَوَاعِد ٧٠-٧٣، ٧٣  
القَوَاعِد ٣٢٤  
تَصْنِيف ~ ٣١٠  
حَرَكََة ~ ٣٥٦  
الدَّوْرَة الدَّمَوِيَّة في ~ ٣٤٩  
قَوَاعِد شَاطِئِيَّة (بِرِيُونُكِل) ٣٨٥  
القَوَانِص ٣٣٢
- القُوَّة الجاذبة ١٢٥  
قُوَّة دافعة كهربائية (ق.د.ك.) ١٥٠-٥١  
قُوَّة دَفْع الطائفة إلى الامام ١١٤  
القُوَّة القويَّة والواحدة ١١٥  
القُوَّة الكَهْرُوَاهِنَة ١١٥  
قُوَّة مُضَخَّمة ١٢٠، ١٣١  
القُوَّة النَّابِذَة ١٢٥، ٢١١  
قُوس قُزَح ٢٠٢، ٢٦٩  
قُوقَعَة الأَدْنِ الداخليَّة ١٨٢، ٣٥٨  
القُوِّي ١١٣  
جَمْع ~ ومُحَصَّلَاتُهَا ١١٦  
حَقَائِق ومَعْلُومَات عَن ~ ٤٠٨-٩  
قُوِّي الاحتكاك ١٢١  
قُوِّي الاهتزازات ١٢٦  
~ والتَّسَارُع ١١٩  
قُوِّي الجاذبية ١٢٢  
~ والحَرَكة ١٢٠  
~ والحَرَكة الدائرية ١٢٥  
~ والشَّرْعَة ١١٨  
~ والشَّغْل ١٢٢  
قُوِّي الضَّغْط ١٢٧  
قُوِّي الطَّغْو والغَوْض ١٢٩  
قُوِّي المَكْنَات ١٣٠-٢١  
قياس ~ ١٢٣  
قُوِّي التَّلَامُس ١١٥  
قُوِّي الدَّوْرَان والتَّدْوِير ١٢٤  
القُوِّي في المَوَانِع ١٢٨  
قُوِّي اللاتَّلَامُس ١١٥  
القُوِّي المُتَوَازِنَة ١١٧  
القُوِّي النُّوَوِيَّة ١١٥  
قياس ~  
~ الصُّوت ١٨٠  
~ القُوِّي ١٢٣  
القياسات الإمبراطورية ٤٠٩  
القياسات المِثْرِيَّة ٤٠٩  
ك  
الكائنات الحيَّة ٣٠٥-٣٣٧  
تصنيف ~ ~ ٣١٠-١١  
٤٢٠-٢١  
تَطَوُّر ~ ~ ٣٠٨-٩  
حَقَائِق ومَعْلُومَات عَن ~ ~  
٤٢٠-٢٣  
~ ~ ~ كيف تعمل ٢٣٧-٦٨  
الكابُول وحديد الصُّب ٨٤  
الكابِيَاءَات ٣٩٣  
الكاتدرائيات والدعائم الرَّافِرة ١١٧  
كاتدرائية لُمان ١١٧  
كاتود (مُهَبَط) ١٦٨، ٦٧  
الكاشف العام ٧٢  
كافندش - هِنْرِي ٤٧، ١٢٣  
الكالسيوم ٣٥  
تَفَاعُلِيَّة ~ ٤٠٥  
~ في الجدول الدوري ٣٢  
كاليسْتُو ٢٩٠  
الكاميرات  
~ التِّلْفِزِيُونِيَّة ١٦٦، ١٧٧  
~ السِّينِمَاتِيَّة ١٧٧، ٢٠٨  
~ الفوتوغرافية ٢٠٦  
كائن - أَنِي جَمْط ٢٧٨
- الكَاُولِين (الطُّفْل الصيني) ١٠٩، ٤٠٧  
الكَبِد ٧٦-٧٧، ٣٢٦، ٣٥٠  
الكَبِدِيَّات ٣١٦، ٤٢٠  
الكَبْرِيَّة ٤٥  
اِسْتِخْدَامَات ~ ٤٠٧  
~ في الجَدُول الدَّوري ٣٢، ٣٣  
مُرَكَّبَات ~ ٥٨  
كَبْرِيَّات الباريوم ٣٥  
كَبْرِيَّات النحاس ٧٣، ٧٥، ٨٦  
كِبَلَر - يُوْهَانْس ٢٩٦  
الكَبُول  
الإمْدَاد الكهربائي ~ ١٦٠  
كَبُول الألياف البصريَّة ١٦٢، ١٧٧  
كَبُول صَخْرِيَّة ضَالَّة ٢٢٨  
الكَبْلَة ٢٢  
~ الطاقة ~ ١٣٦  
~ والوَرْن ١٢٢  
الكثافة  
~ والطَّغْو والغَوْض ١٢٩  
~ والمادَّة ٢٢  
كُتْبَان رَاسِيَّة وَذَلِيلِيَّة ٢٣١  
الكُتْبَان الرُّمَلِيَّة ٢٣١، ٢٣٧  
كُتْبَان طُولَانِيَّة (سِيْفِيَّة) ٢٣١  
كُتْبَان هِلَالِيَّة (بَرخَان) ٢٣١  
الكُحُول  
الإخْتِمَار الكُحُولِي ٨٠، ٩٣  
~ ومُحَلَّلَات النُّفْس ٦٥  
الكُزَات والحَرَكة ١١٩، ١٢٠  
الكُرِيْتُون ٤٨  
كُرِس - هَانز ٣٤٦  
الكُرِيُون ٤٠  
التَّارِيخ بِ ~ المُشْبَع ٢٧  
دورة ~ ٤١، ٣٧٢  
ذُرَات ~ ٢٤  
~ والسَّبَاك الفِلْزِيَّة ٨٨  
~ والفَحْم ٢٢٨  
~ في الأَلَكَانَات والأَلَكِينَات ٤٠٦  
~ في الجَدُول الدَّوري ٣٣  
~ في الحديد والفولاذ ٨٤-٨٥  
~ في الكائنات الحيَّة ٣٠٥  
~ والكِمْيَاء العَضْوِيَّة ٤١  
~ والنَّفْط ٩٨-٩٩  
كُرِيُون الفلُور الكُلُورِينِي ٣٧٥  
اِسْتِخْدَامَات ~ ~ ~ ٤٦  
~ ~ ~ وتدمير الأوزون ٥٧، ١١٢، ٣٧٥  
الكُرِيُونَات ٦٩  
كُرِيُونَات الصوديوم ٩٤، ١١٠، ٤٠٦  
كُرِيُونَات الكالسيوم  
اِسْتِخْدَامَات ~ ٧٠  
~ في الرُّجَاج ١١٠  
~ في الماء العَسِر ٧٥  
~ في الهياكل الداعمة ٣٥٢  
الكربوهيدرات ٧٩، ٣٤٢، ٣٤٥  
كربيد التنجستن ٨٨  
الكَرْفُس ٣٤١  
كِرْك - فَرَنْسِيْس ٣٦٤  
الكُرْكُذُنَات ٣٩٣  
الكُرْكُذُنَات ٣٢٢، ٣٤٨  
الكُرْمَلَات ٧٩  
كُرُول - جِيْش ٢٤٦
- كروموسومات (أنظر صبغيات)  
كُرِيَّات الدَّم البيضاء ٣٤٨، ٣٥١  
كُرِيكَالِيْف - سِيرْجِي ٣٠٣  
الكَرْيُوزُوت ٩٦  
الكِمْيَاء الرِّيْشِي ٣٣٢  
الكِمْيَاء التَّلْجِيَّة ٧٥، ٢٦٦  
الكُشُوف والخُسُوف ٢٠١، ٢٨٥  
الكُشُوت، خَانِقُ الكِرْسَنَة ٣٧٩  
الكُظِيْمَة (القارورة الخواثية) ١٤٢  
الكُفَايَة (أو الفعالية) ١٢٠، ١٢٩  
الكِفْلَار - أَلِيَّاف ~ ١٠١  
كُكْرِيل - كُرِيْسْتُوفَر ١٢١  
الكلاب  
أَسْنَان ~ ٣٢٤، ٣٤٤  
خَوَاس ~ ٣٥٨، ٣٥٩  
السمع عند ~ ١٨٣  
~ والبرانغيت ٣٧٩  
كِلَاب المَرُوج ٣٩٣  
الكلام ١٨٢، ١٨٣  
الكَلْب ٣١٦  
كَلْب البَحْرِ ٣٢٦، ٣٥٧  
الكَلْب الهَلْبِيَّة ٣٥٨  
الكَلْسِيَّت ٢٣١، ٢٣١  
كَلْفَن - اللُورْد ١٢٨  
الكلوبيريت ٨٦  
الكلور  
تَعْقِيم المَاء بِ ~ ٤٦  
~ وصناعة القُلُوبِيَّات ٩٤  
~ في الجَدُول الدَّوري ٣٣  
~ وقانون أفوجادرو ٥١  
كلوريد البوليقيابل ٩٩، ١٠٠، ٤٠٦  
كلوريد الفايئل ١٠٠  
أَنْظُر أيضًا كربون الفلور  
الكلوريني  
الكلوروفيل ٣٥، ٣٦  
الكليتان ٧٧، ٣٥٠  
الكَم ٢٤  
نظرية ~ ٢٤، ١٩٠، ١٩١  
الكَمَّات الضوئية، الفوتونات ٢٤  
كَمُّ الرِّيح ٢٥٤  
كَمَادَات مُبْرَدَة ٥٢  
كَمِيَّات مُنْجَهِة ١١٦  
كَمِيَّة التَّحَرُّك ١٢٠  
الكِنْدَرِيَّات ٢٢٠، ٤٢١  
الكهرباء ١١٣، ١١٥، ١٤٥  
الإمْدَاد الكهربائي ١٦٠  
التَّيَّار الكهربائي ١٤٨-٤٩  
حَقَائِق ومَعْلُومَات عَن ~ ٤١٠-١١  
الدَّارَات الكهربائيَّة ١٥٢-٥٣  
الرُّمُوز الكهربائيَّة ٤١١  
الطَّاقَة الكهربائيَّة ١٣٣  
القدرة الكهربائيَّة ١٢٤، ٢٣٣  
~ والإتِّصَالَات البُعَادِيَّة ١٦٢-١٦٣  
~ ٦٣  
~ الاجهادية ١٢٦  
~ وَالْبَرْق ٢٥٧  
~ والتفاعلات الكيماوية ٥٢  
~ وحَوَاسِ الأَسْمَاك ٣٥٩  
~ وَخُطُوط النُّقْل ٣٨  
~ والخلايا والبطاريات ١٥٠-١٥١  
~ وشبُه المَوْصَلَات ١٤٩



- ~ والطاقة الكامنة ١٢٣  
~ والظاهرة الكهروضوئية ١٩١  
~ والغضلات ٢٥٥  
~ في البيت ١٦١  
~ وقُدرة الرّيح ١٢٤، ٢٥٥، ٢٥٦  
~ والقُدرة الشمسيّة ١٢٤، ١٩٠  
~ ومحطات القدرة ١٣٥  
~ والمُوصّلات ٢٩، ٢٣  
~ والمُوصّلات الفائقة التوصيل ١٤٩  
~ والنحاس ٨٦  
المُحرّكات ~ ١٥٨  
المُولّدات ~ ١٥٩  
أُنظر أيضًا البطاريّات  
الكهرباء الإجهاديّة ١٢٦  
الكهرباء التّياريّة ١٤٨-٤٩  
~ ~ المتناوبة ١٥٩، ١٦٠  
~ ~ المستمرة ١٥٩، ١٦٠  
الكهربائيّة الساكنة ١١٥، ١٤٦-  
٢٥٧، ٤٧  
كَهْزَل (إلكترونيّة) ٦٨  
الكَهْزَلَة ٦٧  
~ في إنتاج الألومنيوم ٨٧  
~ في إنتاج النحاس ٨٦  
~ وهيدروكسيد الصوديوم ٩٤  
التنقية الكهربائيّة ٦٧  
الكَهْزَمَان ١٤٥، ٢٢٥، ٢١٧  
الكهرمغنطيسيّة ١٥٦-٥٧  
الطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢، ٤١٢  
~ والخ ١٥٩  
~ والمغنطيسات الكهربائيّة ٢٦  
الكهوف ٢٢٨، ٢٣٦  
الكوازيكات ٢٥  
كواثيف الدّيزي ١٨٠  
الكواثيف الفلزيّة ١٥٧  
الكواكب ٢٧٤  
إحصائيّات عن ٤١٨  
الأرض ٢٠٩، ٢٨٧  
أصل ~ ٢٧٥  
أورانوس ٢٩٢  
بلوتو ٢٩٣  
جاذبيّة ~ ١٢٢  
رُخْل ٢٩١  
الرّهرة ٢٨٦  
السّوابر الفضائيّة و~ ٢٧٣  
عُطارد ٢٨٦  
الكوكب العاشر ٢٩٣  
المريخ ٢٨٩  
المشتري ٢٩٠  
نِپْتُون ٢٩٣  
نُشأة ~ ٢١٠  
النظام الشّمسيّ و~ ٢٨٣  
الكوّالات ٣٣٥، ٤٠٠  
كوبرنيكس - نيكولاس ٢٨٧  
كوبروليت، نُجُو مُتَحَجّر ٢٢٥  
الكوبلت ٣٢  
كوبي (ساتل سبّر الخلفيّة الكونيّة) ٢٧٥  
كُوخ - روبرت ٢١٢  
كُوداك ٢٠٧  
الكُورْتَدُم ٢٢١
- كورى - بيبير ٢٦  
كورى - ماري ٢٦، ٣٥  
الكوازارات (الكوازر) ٢٧٦  
كوشنور - جاك إيف ٣٨٧  
الكوك ٨٤، ٩٦  
الكوكب العاشر ٢٩٣  
الكوكبات (الأبراج) ٢٨٢، ٤١٩  
كوكبة الجبار ٢٨٢، ٤١٩  
كوكروفت - جون ٢٥  
كوكسويل - هنري ٢٤٩  
كولا - شبه جزيرة كولا ٢١٢  
كولمبوس - كريستوفر ٢١٥  
كولوم - شارل أوغسطين ١٤٩  
الكُون ٢٧٤  
الحياة في ~ ٣٠٧  
عناصر ~ ٢١  
الهيدروجين في ~ ٤٧  
~ والانفجار العظيم ١٧، ٢٧٥، ٢٩٦  
أُنظر أيضًا الفُضاء  
كُونِسْبيون ٢٥٠، ٢٥١  
كُوك - ستيفاني ١٠١  
الكُونِيُو ٣٤٤  
الكويكبات ٢٨٣، ٢٨٩، ٢٩٤  
كُويكبات أبوللو ٢٩٤  
الكُويكبات الطرواديّة ٢٩٤  
الكُيْتين ٣٥٢  
كيرتشوف - غوستاف ١٩٣  
الكيروسين (الكان) ٩٨  
الكيلوجول ١٢٢  
الكيلوكالوري ١٢٢  
الكين (تسماخ ~) ٢٨٨، ٢٣١  
الكيمياء  
~ والكيمياء ١٧  
~ والزراعيّة ٩١  
~ في الطب ١٠٤-٥  
الكيمياء الغُضويّة ٤١  
الكيوي - ثمرة ~ ٢١٨
- ل  
لأياز ٢٥٠، ٢٥١  
اللابّة  
~ والبراكين ١٤٠، ٢١٦، ٢١٧  
~ والصخور البركانيّة ٢٢٢  
اللابّة الخليليّة (الياهوو) ٢١٧  
لاتوافق طبقيّ في الصّخور ٢٢٦  
لاجسنة السّكر (السّميكّة) ٢٢٣  
اللاذليّات ٢٢٨  
اللازهرات ٣١٦  
لاسكي الميدان ١٦٥  
لأقوازييه - أنطوان ١٧، ٤٤، ٦٤، ٧٤  
لأقوازييه - ماري ١٧  
اللاّقْميّات ٢٢٨  
لاكوليت، صخور إنديسائيّة ٢٢٢  
لانجفِن - يول ١٨٥  
لاند - إثنوين ٢٠٧  
اللاهوب ٦٤  
لايكا ٣٠٠  
لايل - السّير شارل ٢٢٦  
لُبّ الأرض ٢١٢، ٢١٣  
اللُّبْلَاب ٢٩٧  
اللُّبن الرّائب ٨٠، ٩٣
- اللُّبُونات ٣٣٤-٣٥  
أسنان ~ ٢٤٤  
أُنظر أيضًا الجِسم البَشَريّ  
تصنيف ~ ٤٢١  
تطوّر ~ ٢٢٧، ٣٠٨  
حليب أو لبن ~ ٣٦٨  
الرئيسات من ~ ٣٣٦  
شعر أو وبر ~ ٣٥٤  
قُترات حُقل ~ ٤٢٢  
مدى أعمار ~ ٤٢٢  
مُعْذَلات الاستِقْلاب في ~ ٤٢٢  
اللُّبُونات الجِراييّة ٣٣٥، ٤٢١  
اللُّبُونات المُشيميّة ٣٣٤، ٤٢١  
اللُّجَا ٣٣١  
اللُّجَنيّ ٢٣٨  
لُجَين، حُشْبين ١٠٨، ٣٥٢  
اللّدائن ٨١  
خصائص ~ ٢٢  
صُنْع ~ ٩٩  
~ المُعزّزة بالرّجاج ١١١  
~ من الإيثين ٩٧  
المُكثّورات اللّدائيّة ٤١، ١٠٠-١  
اللّدائن الحراريّة (المُتَصهّرة بالحرارة) ١٠٠، ١٠٦  
اللّدائن الصلدة الثابتة حراريًا ١٠٠  
اللّدائن المُشكّلة بالبنق ١٠١  
اللّدونة ٢٣  
لُزوجة السّوائل ١٩  
اللّسان ٣٥٩  
لسان ساحلي رملي ٢٣٧  
لِسْتَر - جوزيف ١٠٥  
اللّغاب ٧٦، ٣٥٩  
لُغْبة الكُرات والفسامير ١٧١  
لَقْلُوك - جيفس ٢٧٠  
لَقاح، غُبَار الطّلع ٢١٨-١٩  
لُكْلانْشي - جورج ١٥٠  
اللّمس ٣٥٨  
اللّمف - الجملة اللّمفيّة ٣٥١  
اللّثنائيّات ٢٧  
لَنْغُور ٢٨٤  
اللّواجم  
أسنان ~ ٣٢٤، ٢٤٤  
إغْتِذاء ~ ٣٤٢، ٣٤٣  
اللّواميس ٢٨٣  
لوحات مفاتيح الحواسيب ١٧٣، ١٧٤  
لُوزاسيا ٢١٥  
لُوزنت - أوغست ٦٩  
لُورنتز - هينريك ١٩٤  
لُوشاتلييه - هنري ٥٤  
اللوكيميا ١٠٥  
لوفبير - الأخوان ~ ٢٠٨  
اللّون (أُنظر الألوان)  
لُويحات مفاتيح الحاسبات ١٧٢  
لُويل - برسفال ٢٨٩  
اللّياز ١٩٠، ١٩٩  
الأطوال الموجيّة لـ ~ ٢٠٢  
إنكسار ~ ١٩٦  
~ الدائريّة ٣٩  
معارف الأسطوانات المُدْجِعة و~ ١٨٨  
الليامير ٣٢٦  
ليثويس أوكامبي ٣٠٥  
الليثيوم ٢٤، ٦٣
- الليزر ١٩٠  
~ الدايدوي ٣٩  
القارئات الليزرية ١٩٩  
ليكي - لويس وماري ٢٣٦  
ليّنوار - إتيان ١٤٤  
ليثيوس ٣١٠  
ليُونوف - ألكسي ٢٩٩  
ليُونِيَهوك - أنطوني فان ١٩٧، ٣٦٦  
اللّيْفَاف الغُضليّة ٣٥٥  
م  
الماء  
الأمواج المائيّة ١٢٦، ١٧٨  
انتشار جزيئات ~ ٥٠  
إنكسار الضوء في ~ ١٩٦  
تَبْخُر ~ ٢٠، ٢١، ٦١  
تَكثّف بُخار ~ ٢٠، ٢١  
تَلوُث ~ ١١٢  
تَنَاضُج ~ ٣٤١  
تَنَقّيّة ~ ٨٣  
التّوتّر السّطحي لـ ~ ١٩  
دورة ~ ٢١، ٢٧٣  
رَفْع ~ بشادوف أرخميدس ١٢١  
ضَغْط ~ ١٢٧  
الطّفور والغُوص في ~ ١٢٩  
القُدرة الكهرمائيّة ٢٢٣  
القُدرة المائيّة ١٣٤  
القُدرة المدرّيّة لـ ~ ١٣٤  
كثافة ~ ٢٢  
كَلُورة ~ ٤٦  
كَهْزَلَة ~ ٦٧  
كيمياء ~ ٦٣، ٧٥  
~ وبدايات الحياة ٢٠٧  
~ والجليد ٢٦٨  
~ والزّي ٢٢٣  
~ على الأرض ٢٨٧  
~ وفُصل المزيجات ٦١  
~ والمُركّبات والمزيجات ٥٨  
~ - مُعالجته وصناعاته ٨٣  
~ وهلاله السّطح ١٢٨  
المحاليل المائيّة ٢٢، ٦٠  
مياه الينابيع الحارّة (الحَمّات) ٢١٧  
النباتات المائيّة ٣٤١  
الماء العسير ٧٥  
أُنظر أيضًا البُحيرات؛ المُحيطات؛  
الانهار؛ البحار؛ بُخار الماء؛  
والمناطق الرّطبة  
المآبر ٣١٨  
مائيوز - دراموند ٢١٤  
ماخ - إرنست ١٧٩  
المائة ١٧  
بلُورات ~ ٣٠  
تغيّرات حالة ~ ٢٠-٢١  
حالات ~ ١٨-١٩  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤٠٢-٣  
خصائص ~ ٢٢-٢٣  
الضوء و ~ ٢٠٠  
غناصر ~ ٢١  
~ والإشعاعيّة ٢٦-٢٧
- ~ والثّرابط الكيماوي ٢٨-٢٩  
المادّة الجَماد ١٧  
المادّة الحيّة ١٧، ٤١  
المازا (أرنط بتاغونيا) ٣٩٣  
ماركوني - غولييلمو ١٦٤  
ماكأنديس - برّوس ٣٠٢  
ماكسويل - جيمس كلارك  
~ والتصوير الفُوتوغرافي المُلوّن ٢٠٧  
~ والكهرمغنطيسيّة ١٦٤، ١٩٢، ١٩٤  
مانعات الصواعق ١٤٧  
ميثُيات الأُرْجُل ٣٢٢، ٣٩٦  
تصنيف ~ ~ ٤٢١  
الهياكل الخارجيّة لـ ~ ~ ٣٥٢  
مايْتَنر - لين ١٢٧  
مايْلر - شتالني ٣٠٧  
المباني  
إمداد ~ بالكهرباء ١٦١  
جِجارة ~ ٢٢٣  
الطاقة في ~ ١٣٥  
الطّفْس و~ ٢٤٥  
عَرْل ~ ١٤٢  
الفطريّات في ~ ٣١٥  
مانعات الصواعق في ~ ١٤٧  
~ والزلازل ٢٢٠  
مَبْدَأ لُوشاتلييه ٥٤  
مُبْدَلات (عاكسات) التّيّار ١٥٨  
مُبرّدات ١٤١  
مُبيدُ الآفات ٩١  
مُبيدات الأعشاب ٩١، ٢٧٣  
مُبيدات الحشرات ٩١، ٢٢٣، ٢٧٧  
مُبيدات الفُطر ٩١  
القبض  
~ في الجِسم البَشَري ٣٦٨  
~ في الزهرة ٣١٩  
المُتانة ٢٢  
المُتَجَدّيات الغُطْفي ٢٧٣، ٢٨١  
مُتَصالِب المُتَقار ٣٩٦  
مُتَغَضّيات ٣٠٥  
المُتَغَضّيات الوحيدة الخليّة ٣١٤  
مُتَقَدّرات ٣٢٨، ٣٤٦  
مُتلازمة الغُور الصّناعي المُكتسب ٣١٢  
المُتَمَكِّبات (الأيسومرات) ٤١  
المُتَمَوّرات (الأمبيّة) ٣١٤، ٣٣٨  
مُتَنَزّه يَلُوستون الوطني ١٢٤، ٢١٦-١٧، ٤٠٠  
المُتالِج ٢٢٨-٢٩  
~ والتلج ٢٦٦  
~ والخلجان الإفْجيْجيّة ٢٢٦  
المُتانات الهوائيّة ٢٢٧  
المُتَلْتَلات هي الأمتن ١١٧  
مُجالات القُوّة ١١٤  
المُجالات كانظمة بيئيّة ٢٧٠  
مجال الأرض المغنطيسي ١١٥، ١٤٥، ٢١٣، ٢١٥  
المُجَاهِر (الميكروسكوبات) ١٢٣، ١٩٨  
عَدَسات ~ ١٩٧  
~ والإلكترونيّة ٢٢٩  
~ نوات المُرشّحات المُفَرِّدة  
الاستِقْطاب ٢٢١  
~ الضوئيّة ٢٣٩



- المَجَرَّات ٢٧٤، ٢٧٦-٧٧  
المَجَرَّات الإلهيلجية ٢٧٦  
مَجَرَّات السُّنْبِلَة ٢٧٦  
المَجَرَّات غير المنتظمة ٢٧٦  
المَجَرَّات اللولبية أو الحلزونية ٢٧٦  
مَجَرَّة أندروميدا (المرآة  
المُسلسلة) ٢٧٧، ٢٧٦  
المُجَسِّمات الصوتية الشخصية ١٨١  
مُجَفِّفات ٦٩  
المُجَفِّفات الدوامية ١٢٥  
مُجَمِّعات تكرير مياه المجاري ٣١٣  
المَخار ٢٠٥، ٣٢٤  
المَخار التلينية ٣٨٥  
المَخار المخروطية (المَخروطيات) ٣٢٤  
مَحارِث الجلد ٢٢٦  
مُحاكاة الطيران ١٧٥  
المحاليل ٦٠، ٦٢  
المحاليل المُشَبَّعة ٦٠  
مَحامل الكُرَيَات ١٢١  
مُحَرَّكات ١٤٣-٤٤  
~ الاحتراق الداخلي ١٤٣، ٦٥  
~ الطائرات النفاثة ٨٨، ١٤٤  
المُحَرَّكات الترددية ١٤٣  
المُحَرَّكات الثنائية الشوط ١٤٣  
مُحَرَّكات الدراجات النارية ١٤٣  
المُحَرَّكات الرباعية الأشواط ١٤٣  
المُحَرَّكات الكهربائية ١٥٨  
مُحَرَّكات متعددة الأقطاب ١٥٨  
المُحَرَّكات المروحية التربينية ١٤٤  
مُحَصِّلة القوى ١١٦  
المُحَطَّات الفضائية ٣٠٤  
مُحَطَّات القدرة  
~ والإمداد الكهربائي ١٦٠  
~ والتلوث ٦٤  
~ العاملة بالزيت أو الفحم ١٣٥  
~ النووية ١٣٦  
المُولَّدات في ~ ١٥٩، ١٦٠  
المُحَطَّة الفضائية سالتوث ٣٠٤  
المُحَطَّة الفضائية فريدم ٣٠٤  
المُحَطَّة الفضائية بير ٣٠٤، ٣٠٠  
محطة القدرة النووية في  
شيرنوبيل ٢٧، ١٢٧  
مُحَلَّلَات النُفْس ٦٥  
مُحمَّيات الحياة البرية ٤٠٠  
محور الارتكاز ١٢٤، ١٣١  
المُحَوَّلَات (الكهربائية) ١٦٠  
مُحَوَّلَات مُحَفَّزة ٥٧  
المُحيط الأطلنطي ٢١٥، ٢٣٥  
المحيط الهادي ٢١٦، ٢٣٥  
المُحيطات ٢٣٤-٣٧  
أعاصير ~ ٢٥٨  
إمِّداد قيعان ~ ٢١٤-١٥  
الأمواج والمدِّ والتَّيارات  
المُحيطية ٢٣٥  
(بيئيات) ~ ٣٧١، ٣٨٦، ٨٧  
تلوث ~ ٢٨٧  
تَّيارات ~ ٢٤٤  
خطوط سواحل ~ ٢٣٦-٣٧
- صُخُور رسوبية في ~ ٢٢٣  
الطُّرُنادات المائية في ~ ٢٥٩  
عوالق ~ ٣٠٦  
مُدَّ وجَرَّر ~ ١٢٢  
أُنظَر أيضًا البخار  
مخاريط الإبصار ٢٠٥  
المُخْتَبِر الفضائي شبيس لاب  
٣٠٤  
المُخْتَبِر الفضائي (شكاي لاب)  
٣٠٤  
المُخْتَبِرَات ٤٩، ٤٠٥  
المُخَذَّرَات (البَنَج) ٤٢، ١٠٥  
المُخَصِّبات والأسمدة ٤٢، ٤٣،  
٩٠، ٩١  
مُخَطَّط فَرْتزسبرنج - راسيل ٢٧٩  
مُخَلَّوقات باردة الدَّم ٣٢٦، ٣٥٠  
٤٢٣  
مُخَلَّوقات حارَّة الدَّم ٣٢٢، ٣٥٠،  
٤٢٣  
مُخَلَّوقات خارجية الإحراق ٣٢٦،  
٣٥٠، ٤٢٣  
مُخَلَّوقات داخلية الإحراق ٣٢٢،  
٣٥٠، ٤٢٣  
مُدَّ البَصَر ٢٠٤  
المُدَّ والجَرَّر (المدَّر) ٢٣٥  
الجانبية ~ ١٢٢  
القدرة المدرية ١٣٤  
مدى الأعمار ٤٢٢  
المنار القطبي ٣٠٠  
مدارات  
~ السَّواتل ٣٠٠  
~ الكويكبات ٢٩٤  
~ النظام الشمسي ٢٨٣، ٢٩٣  
المدارات الأرضية الاستقرائية  
وسوائل الاتصالات ٣٠٠  
المدفعات الإلكترونية التلفزيونية  
١٦٧  
المدن (البيئيات) ٣٩٧  
~ والضخان ٢٦٣  
~ كُفْناخ صُغري ٢٤٤  
~ كُنْظَم بيئية ٢٧١  
مُناخ ٤١٧  
المُنَابِتات، الموادُّ المُذَابَة ٦٠  
مُذَبِّبات، ١٦٥، ١٦٦  
مُذَنَّب سوْفَت تاتل ٢٩٥  
مُذَنَّب هالي ٢٩٥، ٢٩٧، ٣٠١  
المُذَنَّبَات ٢٨٣، ٢٩٥  
المُذَبِّبات، الموادُّ المُذَبِّية ٢٣، ٦٠،  
١٠٢  
المرآة المُسلسلة، أندروميدا  
٢٧٧-٢٧٦  
المراصد ٢٩٧  
مَراطِم الأمواج ٢٣٧  
مَراقِب الحواسيب ١٧٤  
مَراكِز التَّبادل التلُفونيَّة ١٦٢  
المَراكِز الفضائية ٢٩٩  
المَراكِز الحمضية الرُّصاصية ٦٨،  
١٥١  
المَزابي  
الصُّور المَراوِية ١٩٤  
~ التلُسكوبية ١٩٥، ١٩٨، ٢٩٧  
~ والضوء ١٩٠  
مَزابي مُزدَوِجة الأتجاه ١٩٤  
مَزابي السُّوق في السَّيَّارة ١٩٥
- المَزابي المُخَذَّبَة ١٩٥  
المَزابي المُشْتَوِية ١٩٤، ١٩٥  
المَزابي المُقَفَّرة ١٩٥  
المَزابيَات ٣٢٠  
الشَّعَاب المَزابيَّة ٢٢٣، ٢٣٤،  
٣٨٧  
المَزابرين - رُبْد ~ ٦٥  
المَزابِلَات ٣٢٠  
مُرسَّحات الأصباغ ١٠٢  
المرسلات الراديوية (اللاسلكية)  
١٦٤  
مُرسَّحات الضوء ٢٠٢  
مُرسَّد سيرو تولولو ٢٩٧  
المُرسَّطاب (الهُنْجرومتر) ٢٥٢  
مِرْكَاتور - جِبرارْدوس ٢٤٠  
المُركَّبات ٥٣، ٥٨-٥٩، ٦٧  
مُركَّبات أبوللو الفضائية ٢٨٧،  
٢٩٩، ٣٠١  
المُركَّبات الفضائية  
حركة ~ ~ ١٢٠  
خلايا وقود ~ ~ ٥٦  
صواريخ ~ ~ ١٤٣، ١٤٤،  
٢٩٩  
هَبُوط ~ ~ على سطح القمر  
٢٨٧  
المُركَّبات ومُركَّز الثَّقل ١٢٤  
المُركَّز ١٢٤، ١٣١  
مُركَّز الثَّقل ١٢٢، ١٢٤  
المركز السطحي للزلزلة ٢٢٠  
المُمر، الرُّخام ٢٢٤  
المُمرُوط ٢٨١  
المُمرُ (الكوارتز) ٣٩  
يُلوَّرات ~ ٣٠  
الغرانيت و~ ٢٢١  
الكهرباء الإجهادية و~ ١٢٦  
المرونة  
الطاقة الكامنة المرونية ١٢٣،  
١٢٨  
~ وخصائص المادة ٢٣  
المُزيَّاحات ٢٥٦  
المُزيَّخ ٢٨٩  
إحصائيات عن ~ ٤١٨  
جَو ~ ٢٤٨  
الشَّوَابِر الفضائية إلى ~ ١٧٦،  
٢٨٩، ٣٠١  
نُشأة ~ ٢٨٣  
المُريكيَّس ٣٠٨  
مُزدَوِجات الأقدام ٢٢٢  
المُزولة الشَّمسِيَّة ٢٠١  
المُزيجات ٥٨-٥٩  
فُضَّل ~ ٦١  
مُسابِر رُضْد لاسلكيَّة ٢٧١  
مِسَاحَة السُّطح ٥٥، ٥٦  
مَساحيق الغسيل ٥٧، ٩٥  
مَسافَآت التَّوقُف ١١٩  
مَسافة الكُبح ١١٩  
المسامير المُولَّبة ١٣١  
مُسْتَحْضَرات التَّجْمِيل ١٠٣  
مُسْتَحْلِبَات ٥٩، ١٠٣  
مُسْتَحْلِبَات، عوامل إِسْتِحْلَاب ٩٣  
المُسْتَقْبَلَات ١٦٥، ١٦٧  
المُسْتَكثِف فوق البنفسجي  
الدَّولي ٢٩٨، ٣٠٠  
المُسْتَنْقَعَات ٢٢٧، ٢٨٩، ٢٩٨
- مُسْتَنْقَعَات الفُرام ٢٨٩، ٢٩٨  
المُسْتَنْقَعَات المِلْحِيَّة ٢٢٧  
المُسْتَهْلَكَات والسُّلَاسِل الغذائية ٣٧٧  
مُسْتَوِيَّات التَّطْبُق ٢٢٣  
المُسْتَوِيَّات الغذائية ٣٧٧  
مُسْخُ هِيلا ٢٩٠  
مُسْقَاطُ الشَّرَانِج ١٩٧  
مُسْقَاطُ ماء، شَلال ٢٣٣  
مُسْقَاطُ مِرْكَاتور ٢٤٠  
المُسْتَبَل (الهيدرومتر) ٢٢  
المُشَابِك ٢٦٠، ٢٦١  
مُشَاغِل راديوفونيَّة ١٨٩  
مُشَاكَّة ٣٨٠  
المُسْتَشْرِي ٢٩٠  
إحصائيات عن ~ ٤١٨  
أقمار ~ ٢٩٠، ٢٧٣، ٣٠١  
سَابِران فضائيات إلى ~ ٢٧٣،  
٢٩٠، ٣٠١  
نُشأة ~ ٢٨٣  
النطاق الكويكبي إلى ~ ٢٩٤  
المشهورات (الدياتوميَّات) ٣٥٢  
مَشَق (تصميم إنسيابي) ١٢١  
مَشِيح (عِرس) ٢٦٤-٢٦٧، ٦٥  
مَشِيمة، سُخْد ٢٦٨  
المصارف والحواسيب ١٧٥  
المُصاطِب النُّهريَّة ٢٣٣  
المُصاهِر ١٥٢، ١٦١  
مُصَبَّات الأنهر ٢٢٦، ٢٨٥  
مُصَبَّات الأنهر الدلتاوية ٢٢٣  
مُصباح ديفي ٢٢٨  
مِصر  
عِلْم الفَلَك في ~ ٢٩٦  
~ ومستحضرات التجميل ١٠٣  
نهر النيل في ~ ٢٨٨  
مصعد (أنود) ٦٧، ١٦٨  
مُصَوِّرات فُوتوغرافيَّة لتوقيت  
إنهاء السَّباقات ١١٨  
المُصَوِّرة، پلازما الدَّم ٢٤٨  
مُضادَّات التأكسد ٦٥، ٩٣  
المُضادَّات الحيويَّة ١٠٥  
مُضادَّات الرُّوابع ٢٥٣  
مُضادَّات الأظعمة ٩٣  
المُضادَّات البنزينيَّة ٩٩  
أُنظَر أيضًا النُّفُط  
المُضخَّمات  
~ الإلكترونية ١٦٩  
~ التلفزيونية ١٦٦  
~ الراديوية ١٦٤، ١٦٥  
مُضَغَّة، جنين ٣٦٨  
المُطَّاط ٢٢، ١٠١، ١٠٦  
المَطَر ٢٦٤-٢٦٥، ٤١٦  
تكوَّن ~ ٢٦٤  
~ والأعاصير ٢٥٨  
~ والبرَد ٢٦٧  
~ والثَّجات ٢٣٠  
~ والجنَّيات الباردة ٢٥٣  
~ والجليد القاتم ٢٦٨  
~ ودورة الجفاف ٢٤٢، ٢٦٥  
~ والسُّخْب ٢٤١، ٢٦٠-٦١  
~ ومعالجة الماء وصناعاته ٨٣  
~ الموسمي ٢٤٥، ٢٦٤  
المَطَر الحمضي ٢٣١  
أسباب ~ ~ ٦٤، ٦٩، ٤٢٤
- ~ وإضافة الكلس إلى الحُقول  
٧١  
~ والتجوية ٢٣١  
~ والتلوث ٦٨، ٢٧٣  
المطران أشِر وخلق الأرض ٢٢٦  
المُطَهَّرات ١٠٥  
مُطَيِّف (مكشاف الطيف) ٦٣،  
٢٨٤  
المُطَيِّف الكُثلي ٦٣  
المُطَيِّف (مقياس الطيف) ١٩٣،  
٢٧٨  
المُطَيِّية ٢٣  
مُظَلَّات هَبُوط، پاراشوتات ١١٩  
مِعاء ٢٤٥  
المُعادلات  
~ الفيزيائية ٤٠٨  
~ الكهربائية ٤١٠  
~ الكيماوية ٥٣  
~ الموجية ٤١٢  
المُعارين  
الصُّخُور و ~ ٢٢١  
~ والجيولوجية ٢٠٩  
~ في الأسمدة ٩١  
~ في الأظعمة ٧٨  
~ في الثَّرب ٢٢٢  
~ في التَّغذية ٢٤٢  
هُويَّة ~ ومقياس مَوْهُز ٤١٥  
مُعَارِفُ الأُسْطُوَانات ١٨٨  
مُعَارِفُ الأُسْطُوَانات المُدَجَّجة ١٧١  
مُعالِجة الكلمات ١٧٣  
مُعامل الانكِسار ١٩٦، ٤١٣  
المُعَايرة بالتَّحليل الحُجْمي ٦٢  
المُعَايشَة ٣٧٩  
مُعَايير الوَقُود في السَّيَّارات ١٥٧  
المُعَيَّدة ٢٤٥  
المُعْضَرات المِديَّة ٧٦  
القُروح المِديَّة ١٠٥  
معركة وَايْزِلو ٢٧٠  
المعلومات  
~ والاتِّصالات البُعاديَّة ١٦٢  
~ الحاسوبية ١٧٣  
مُعِينات السُّخْع ١٨٢  
المِغْزِر ٣٤١، ٣٤٢  
المُغْذِيَّات - قُرْط ~ ٢٧٣  
المَغْنِيسِيوم ٣٥  
تفاعليَّة ~ ٤٠٥  
~ في الجدول الدوري ٢٣  
المَغْنِطِيسِيَّة ١١٥، ١٤٥، ١٥٤-  
٥٥  
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٠-  
١١  
الطاقة الكامنة ~ ١٢٣  
الفِلْزَات ~ ٢٦  
الكهرمغناطيسيَّة ١٥٦-٥٧  
مَجال الأرض المَغْنِطِيسِي ١١٥،  
١٤٥، ١٥٤، ٢١٣، ٢١٥  
مَجالَات القُوَّة ~ ١١٤  
~ في الصُّخُور ٢١٥  
~ والمُحَرَّكات الكهربائيَّة ١٥٨  
~ ومُكَبِّرات الصُّوت ٢٧  
~ والمُولَّدات ١٥٩  
مَغْنِطِيسِيَّة القُطْب الشَّمالي ١٥٤،  
١٥٥  
المغيب، غروب الشمس ٢٦٩



- المفاصل ٣٥٣  
المفترسات (انظر الضواري)  
مفرق ١٥٣  
مفرقات استعراضية ٦٣، ٣٥  
١٣٨  
المفصليات ٢٣-٢٢٢، ٤٢٢  
المقاييس الكهربائية ١٦١  
مقاومات ١٥٢-١٦٨، ٥٣  
٤١٠  
مقاومة  
~ الاحتكاك ١٢٣  
~ كهربائية ١٥٣  
~ الهواء ١١٩، ١٢١  
مقاومة الهواء لسيئر الطائرة ١١٤  
مقاييس درجة الحرارة ١٣٨،  
٤٠٨، ١٤٠  
مقاييس متعددة القياسات ١٥٢  
المقذوف المرتد (الغرجون) ١٢٢  
المقرب الراديوي الكبير المتعدد  
الاطباق ٢٩٧  
مقرب هبل الفضائي ٢٩٨، ٣٠٠  
مقياس الأس الهيدروجيني (هـ)  
٧٢-٧٠، ٦٨  
مقياس بوفورت ٢٥٦  
مقياس تورو ٢٥٩  
مقياس رنجر ٢٢٠  
مقياس سلسيوس ١٤٠  
مقياس فرنهيت ٤٠٨، ١٤٠  
مقياس كلفن ١٢٨، ١٤٠، ٤٠٨  
مقياس برزكلي ٢٢٠  
مقياس موهز ٢٢١، ٤١٥  
المكايح ١٩، ١٢١، ١٢٨  
المكابس ١٤٣  
مكاسين الماء ٣٨٩  
المكبات، ١١٢  
مكبرات الصوت ١٥٦، ١٨٣  
المغناطيسات الكهربائية في ~ ~  
١٥٧، ٣٧  
~ في الراديو ١٦٥  
انظر أيضا المكروفونات  
المكثفات السعوية ١٤٧، ١٦٨-٩  
المكثورات ٤١، ١٠٠-١٠٦  
مكثور الإستر ١٠٧  
المكروبات  
~ والإختمار ٨٠  
~ والتقانة البيولوجية ٩٣  
~ في الأطعمة ٩٢  
أنظر أيضا البكتيريا والخمات  
المكروفونات ١٨٠، ١٨٣  
~ ذوات الملف المتحرك ١٥٩  
~ والصحون المكافئة المقطع  
١٨٤  
~ في أجهزة التلفون ١٦٢  
~ في الراديو ١٦٥  
~ في معينات السمع ١٨٢  
مكشاف كهربائي (الكتروسكوب)  
١٤٦  
المكينات ١٣٠-٣١  
~ والحركة الدائمة ١٣٩  
~ والمحركات الكهربائية ١٤٥،  
١٥٨  
مكينات البيع ١٥٧  
مكينات الناسوخ (الفاكس) ١٦٣  
المكوك الفضائي ٣٠٠، ٣٠٢
- ٣٠٣  
محركات ~ ~ ١٤٤  
مدار ~ ~ ١٢٥  
~ ~ وانعدام الوزن ١٢٥  
الملابس  
الياف ~ ٨١، ١٠٧  
تنظيف ~ ٩٥  
الملاحة  
البوصلات و~ ١٥٤  
الخرائط و~ ٢٠٩  
النجوم و~ ٢٨٢  
الهجرة و~ ٣٨١  
الملازيم، البؤراء ٣١٤  
ملائين، قمامين ٣٥٤  
ملح ٧١، ٧٣  
الملح الصخري ٢٢٣  
الملح (كلوريد الصوديوم) ٢٤  
استخدامات ~ ٤٠٧  
تحلية الماء بإزالة ~ ٨٣  
تركيب ~ ٥٨، ٥٩  
الروابط الأيونية في ~ ٢٨  
القلويات المحضرة من ~ ٩٤  
محاليل ~ المشبعة ٦٠  
الميزوسفير ٢٤٨، ٢٩٨  
ملطف الألم ١٤١  
الملغم ٨٨  
ملفات  
الكهرمغنطيسية وال~ ١٥٦  
١٥٧  
~ المحركات الكهربائية ١٥٨  
الملفات اللولبية ١٥٦  
المليبار (ملمب) ٢٥٠  
المسحوبات ٣٢١، ٤٢١  
المناجم البئرية ٢٣٨  
مناجم تعدين مكشوفة ٢٣٨  
المناجم السربية ٢٣٨  
مناخ ٢٤١، ٤٥-٢٤٤  
ال~ وتكون التربة ٢٣٢  
ال~ والحيوانات ١٤٢  
~ الشهب المرجية ٣٩٢  
~ الصحاري ٢٩٠-٩١  
~ العصور الجليدية ٢٢٩  
~ الغابات المطيرة ٣٩٤  
~ الغابات المعتدلة ٢٩٦  
ال~ والفصول ٢١١  
~ القطبين ومناطق التندرا ٣٨٢  
~ المدن ٤١٧  
مناخ ساحلي بحري ٢٤٤  
مناخ صخري ٢٤٤  
مناخ قاري ٢٤٤  
المناخ القطبي ٢٤٥  
المناخ المعتدل ٢٤٤  
المناخات الإشتوائية المدارية ٢٤٤  
المناخات المتغيرة ٢٤٦-٤٧  
أنظر أيضا الطقس  
المنازل أنظر القبابي  
مناطق التندرا ٣٧١، ٣٨٢-٨٣  
جبال ~ ~ ٣٨٤  
مناخ ~ ~ ٢٤٥  
المناطق الرطبة ٢٧١، ٣٨٩، ٣٩٨  
المناطق القطبية ٣٧١، ٣٨٢-٨٣  
المناطق المخددة بالروائح ٣٥٩  
المناطيد  
الهيدروجين و~ ٤٧
- الهليوم و~ ٤٨، ١٢٩  
الهواء داخل ~ ٥٠  
~ والتنشيط بالأحوال الجوية  
٢٧١  
مناقير الطيور ٣٢٣  
المشتجات في السلاسل الغذائية  
٣٧٧  
المشجرات ٣٩٣  
مشتحات زكامية شمسية ٢٣١  
المشخرات ٢١٤  
المشتفضات الجوية ٢٥٣، ٢٧٠  
منديل - جريچور ٢٦٥  
منديلبيف - ديمتري ٣٢  
منطقة الركود المغنطيسي  
منظار داخلي ١٩٦  
منظار ذو عينيّتين ١٩٨  
المُنظفات ٩٥  
منظمة الأرصاد العالمية ٢٧١،  
٤١٦  
منظومة ميدي (البنيّة الرقمية)  
للآلات الموسيقية ١٨٩  
المُنكسات ٣٦٠، ٣٦١  
مُنكهاث الأطعمة ٩٣  
المُنوبات ١٥٩  
المهارة العربية ٤٠٠  
مهبط، كاثود ٦٧، ١٦٨  
المواد ٨١-١١٢  
إعادة تدوير ~ ١١٢  
تصميم ~ ١١١  
حقائق ومعلومات عن ~  
٤٠٦-٧  
المواد الأولية ٤٠٧  
المواد الشفافة ٢٠٠  
المواد الشفّة ٢٠٠  
مواد كامدة ٢٠٠  
المواد اللصوقة ١٠٦  
مواد مقاومة للحرارة ١١١  
أنظر أيضا كل مادة بمفردها  
موارد ٤٠٧  
موازين الحرارة ١٤٠، ٢٥١  
الموازين الزنبركية (أو النابضية)  
١٢٣  
الموازين القبابية ١٢٤  
الموازين النيوتنية التدرج ١٢٣  
المواضيعات (المكثفات السعوية)  
١٤٧، ١٦٨-٩  
موجة (أنظر أمواج)  
بطن الموجة ١٨٦  
مويم الحاسوب ١٧٣  
موزس - صموئيل ١٦٢  
موزي - إيفون ٢٥٢  
الموز ٣٦٦  
الموسيقى  
الاصوات الموسيقية ١٨٦-٨٧  
الآلات الموسيقية ١٢٦، ٤١٣  
~ الإلكترونية ١٨٩  
~ والسعيات ١٨٤  
الموسورات ١٩٣، ٢٠٢  
الموصلات  
خصائص ~ ٢٢  
~ الفائقة التوصيل ١٤٩  
~ الفلزية ٢٩  
~ الكهربائية ١٤٨  
~ النحاسية ٨٦
- الموصلية ٢٢  
موطن (بيثي) ٢٧٠  
المول ٥٣، ٢٢٥  
المولدات ١٥٩، ١٦٠  
مُولفات مونغ ١٨٩  
مولر - ألكس ١٤٩  
موندز - إدوار ٢٤٢  
موهز - فريدريخ ٤١٥  
موهروفيشيش - أندريا ٢١٢  
الميثانول ٥٦، ٩٣  
الميثان  
تفاعلات ~ الكيماوية ٥٢  
تكون ~ ٢٣٩  
~ في بدايات الحياة ٣٠٧  
~ من مطارح النفايات ١١٢  
~ من مُنتجات الغاز ٩٧  
~ من مُنتجات النفط ٩٨  
ميحاد، جبل ميحادي ٢٣٠  
ميراندا ٢٩٢  
ميزوسورس برازيلينسيز ٢١٥  
الميزوسفير ٢٤٨، ٢٩٨  
الميزوهيس ٣٠٨  
ميسم (سمة) ٣١٩  
الميثكا ٢٢١، ٢٢٤  
الميكروسكوبات المركبة ١٩٨  
الميل المغنطيسي ٢١٣  
الميلوثيت ٢٢٤  
ميليكان - روبرت ٢٥  
الميلين، النخاعين ٣٦٠  
ميمان - تيودور ١٩٩  
~ والطرادات ١١٤، ٢٥٩
- ن  
النابذات (الفراغات الطاردية) ٦١  
نابليون الأول ٦٣، ٢٧٠  
~ الثالث ٨٧  
نار القديس ألمو ٢٦٩  
الناسخات الضوئية ١٤٦  
الناسوخ (الفاكس) ١٦٣  
النأشرات (الكوبرا) ٢٣٠  
النأيس ٢٢٤  
نبايت الشبيكة والإبصار ٢٠٥  
النبايات ٣٠٦  
ألياف ~ ١٠٧  
إنقراض ~ ٣٩٨-٩٩  
البيئة الداخلية في ~ ٣٥٠  
تحرك ~ ٣٥٦  
التخليق الضوئي في ~ ٤٩، ٦٥  
٧٤، ٢٤٠  
تصنيف ~ ٣١٠-١١، ٤٢٠  
تطور ~ ٣٠٨، ٣٠٩  
تعايش ~ ٢٧٩  
التكاثر اللاجنسي في ~ ٣٦٦  
التنفس في ~ ٢٤٦  
خواس ~ ٣٥٩  
الخلايا النباتية ٣٢٧، ٣٢٨-٢٩  
طاقة ~ ١٢٣، ١٢٨  
اللزهرجات ٣١٦  
مدى أعمار ~ ٤٢٢  
نظام النقل في ~ ٣٤١  
نمو ~ ٣٦٢  
الهرمونات النباتية ٣٥١  
يخضور (كلوروفيل) ~ ٣٥
- ٣٦  
~ والأحافير ٢٢٥  
~ والتغذية ٣٤٢  
~ وتكون الفحم ٢٢٨  
~ والتناسل الجنسي ٣٦٧  
~ ودورات الغلاف الحيوي  
٣-٢٧٢  
~ ودورة الأكسجين ٤٤  
~ ودورة الكربون ٤١  
~ ودورة النتروجين ٤٢  
~ الزهرية ٣١٨-١٩، ٤٢٠  
~ والسلاسل والشبكات  
الغذائية ٣٧٧  
~ وشع الشمس ١١٢  
~ وطاقات الكتلة الحيوية ١٣٤  
~ في الخواضر والمُدن ٢٩٧  
~ في الصحاري ٣٩٠  
~ في الغابات المطيرة ٣٩٤-٩٥  
~ في غابات المناطق المعتدلة  
٣٩٦  
~ في المناطق الجبلية ٢٨٤  
~ كواشف الحمضية ٧٢  
~ في المناطق الرطبة ٣٨٩  
~ والوراثيات ٢٦٤-٦٥  
النباتات المغترسة ٣٥٩، ٣٩٤  
النبتة المستحبة ٣٥٩  
نيتون ٢٨٣، ٢٩٣  
إحصائيات عن ~ ٤١٨  
إكتشاف ~ ٢٩٢  
السواير الفضائية إلى ~ ٢٧٣،  
٢٩٣، ٣٠١  
النَّح ٢٤١  
النترات ٣٧٣  
نترات الفضة ٢٠٦  
النتروجين ٤٢  
تورة ~ ٢٧٣  
~ في الأمونيا ٩٠  
~ في الهواء ٧٤  
~ والمُخصبات ٩٠  
النتروغليسرين ٤٢  
نجم البحر والزقيات ٢٢٥  
نجم القطب ٢٨٢  
النجوم المتحجر (كويزوليت) ٢٢٥  
النجوم ٢٧٢، ٢٧٨-٧٩  
أسطح ~ ٤١٨  
أقناء (ج. قنؤ) ~ ٢٨٠  
الاندماج النووي في ~ ١٢٧  
تلالؤ ~ ٢٦٩  
تورة حياة ~ ٢٨٠-٨١  
الشمس أقرب ~ ٢٨٤-٨٥  
ضوء ~ ١٧٧  
طاقة ~ ١١٣  
قياس نصوع ~ ٢٨٢  
الكوكبات و~ ٢٨٢، ٤١٩  
مَجَزات ~ ٢٧٦-٧٧  
~ وعلم الفلك ٢٩٦  
النجوم البدائية ٢٨٠  
نجوم ثنائية ٢٧٩  
النجوم الثنائية المنكسفة ٢٧٩  
النجوم العملاقة الحمراء ٢٨١،  
٢٨٥  
النجوم القزمة البيضاء ٢٨٠-٨١،  
٢٨٥  
النجوم القزمة السوداء ٢٨١، ٢٨٥